

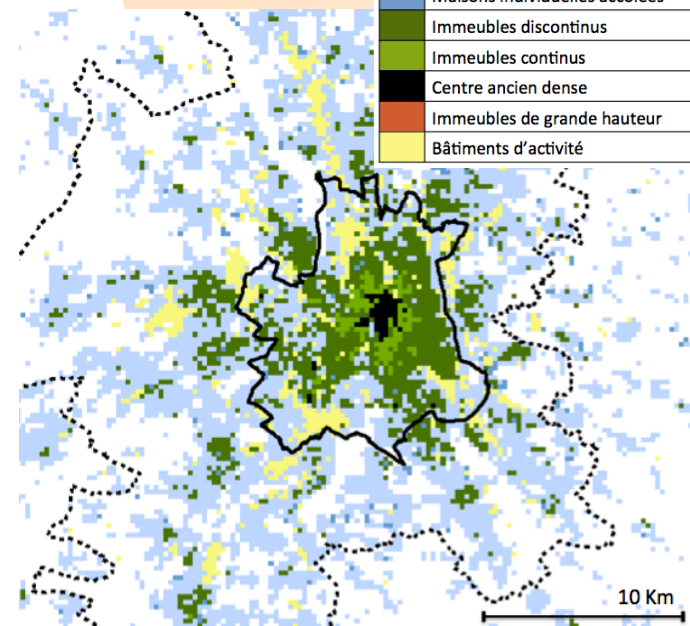
En 2010

- L'urbanisation couvre une superficie de 75 000 ha, soit 9% du territoire. Elle est caractérisée par un fort étalement où le mitage est très présent, le pavillonnaire étant la forme d'urbanisation dominante. Les territoires agricoles périurbains constituent toujours une réserve foncière à l'urbanisation.
- L'aéronautique et le spatial constituent le principal secteur d'activité, même si la santé et l'agro-alimentaire émergent doucement.
- La population, majoritairement jeune, totalise 540 000 ménages.
- La voiture constitue le principal mode de transport, l'engorgement du réseau routier est déjà quotidiennement marqué.
- Le tertiaire et le résidentiel consomment environ 1250 ktep d'énergie, dont environ 950 ktep en chauffage.
- L'îlot de chaleur urbain atteint en moyenne 2°C, 4°C en conditions favorables, et jusqu'à 5°C quelques jours dans l'année.



- L'évolution démographique se poursuit, avec un fort gain de population (+ 44% de ménages depuis 2040).
- L'urbanisation, très peu contrainte, poursuit son étalement : le centre de Toulouse se dépeuple et la ville se disperse sous forme d'un fort mitage. Elle atteint 91666 ha, soit 12% du territoire. Les maisons individuelles sont toujours majoritaires (83% des zones urbanisées).
- Les zones urbanisées peu végétalisées et l'étalement urbain pénalisent la biodiversité et la gestion naturelle des eaux.
- Le contexte pétrolier fragilise le territoire. Aucune politique volontariste locale n'est cependant engagée : une innovation mineure, un faible taux de rénovation, les gains énergétiques sont loin du facteur 4 (-35% en chauffage).
- L'usage intensif de la climatisation entraîne une consommation de 100 ktep, soit environ 10% de la consommation totale
- L'îlot de chaleur augmente d'environ 0.5°C (croissance urbaine).

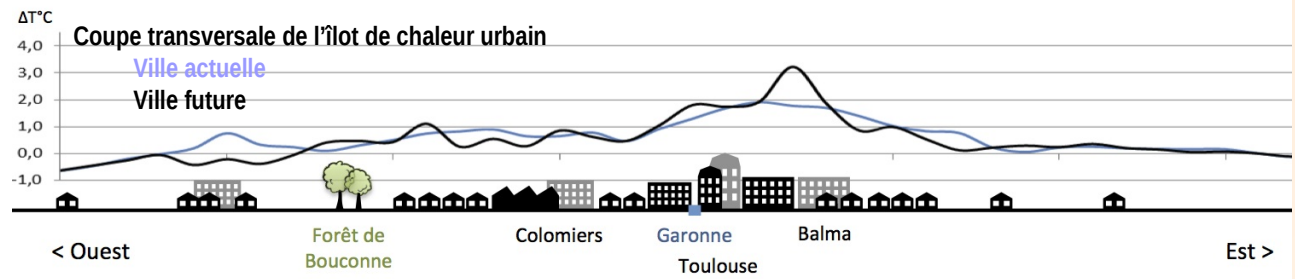
■	Maisons individuelles
■	Maisons individuelles accolées
■	Immeubles discontinus
■	Immeubles continus
■	Centre ancien dense
■	Immeubles de grande hauteur
■	Bâtiments d'activité



Toulouse en 2100 : répartition des types d'îlots sur la ville (trait plein) et sur le pôle urbain (pointillé)



- Le choix maintenu de préserver les corridors écologiques fait s'étendre les limites de la ville, phénomène cependant très limité du fait de la crise économique qui se poursuit (+1472 ha urbanisés), et de la baisse de population (-9% depuis 2070).
- La forte présence du végétal en centre ville la rend plus agréable, et pourtant les habitants s'en éloignent du fait de loyers trop importants par rapport à leurs revenus.
- La construction est toujours ralentie, les maisons individuelles isolées restent prisées mais minoritaires (46% des m² bâtis).
- Le taux de rénovation s'accélère, permettant des gains non négligeables, notamment en chauffage (-66 % sur l'ensemble de l'agglomération, même si le climat ne se réchauffe pas).
- L'amélioration du taux de végétation et de la performance énergétique des bâtiments permet de diminuer l'îlot de chaleur par rapport à 2040.
- Le réchauffement climatique, même s'il accroît l'inconfort thermique d'été à l'extérieur, augmente la consommation d'énergie liée à la climatisation (surtout dans le centre et les bureaux), mais peu grâce à son usage modéré. Il diminue celle de chauffage, voire l'annule dans les bureaux.



IDEES CLES

Une ville en crise
La population s'éloigne du centre, trop cher
L'habitat collectif aussi important que le pavillonnaire

Des gains énergétiques importants
L'îlot de chaleur est contrôlé
Une ville agréable

Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche ACCLIMAT Adaptation au Changement CLIMatique de l'Agglomération Toulousaine.
STAE TOULOUSE
ACCLIMAT a bénéficié d'une aide de la Fondation de Coopération Scientifique STAE Toulouse.
Contact : Valéry Masson, Météo France : valery.masson@meteo.fr

Partenaires :
Météo France - coordinateur scientifique
auiT agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire urbaine
CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
CIRED Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

METEO FRANCE
Toulouse un territoire d'avance
LRA
GEOEDE
IMT Institut de Mathématiques de Toulouse
ONERA Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques

Récit d'un scénario à l'horizon 2100 pour l'agglomération toulousaine

N°1 : « Réactif »

2010 - 2040

ECONOMIE

Territoire attractif

L'économie se porte bien, structurée autour d'un **secteur dominant et performant**. L'agglomération toulousaine reste un **territoire attractif**, où la population ne cesse d'augmenter. Les revenus moyens par ménage augmentent.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Étalement urbain et mitage

Malgré le SCoT, le développement de la métropole toulousaine n'est pas vraiment régulé, les politiques publiques peinent à converger : la **varicelle urbaine se poursuit**, sous forme de **maisons individuelles**, et s'accompagne de nouvelles grandes artères routières rapidement engorgées, mettant à mal tout principe de densité et de structuration autour des réseaux de transports collectifs. La protection des espaces agricoles et naturels passe au second plan.

BATI ET ENERGIE

Politique publique a minima et peu d'initiatives individuelles

En matière énergétique, la politique locale reste tributaire des tendances nationales, ce qui fragilise fortement le territoire. **La réglementation évolue lentement**. Les **préoccupations énergétique et environnementale sont peu présentes** : les comportements n'évoluent pas et ne favorisent pas l'innovation.

2040

Le prix du baril de pétrole augmente : le choc pétrolier est violemment vécu. Une crise économique mondiale touche durement l'ensemble des pays fondés sur une économie de marché.

Conscient de son retard technologique et de sa forte dépendance aux énergies carbonées, l'état investit lourdement : des évolutions réglementaires et technologiques sont enfin en marche.

2040 - 2100

ECONOMIE

Crise aéronautique mais levier énergétique

A l'échelle toulousaine, l'industrie aéronautique est pleinement concernée et se trouve fragilisée par la crise mondiale. Le territoire perd de son attractivité : **la population chute**, vieillit et **s'appauvrit**. Les politiques locales maintiennent néanmoins un tissu économique autour de l'innovation énergétique.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

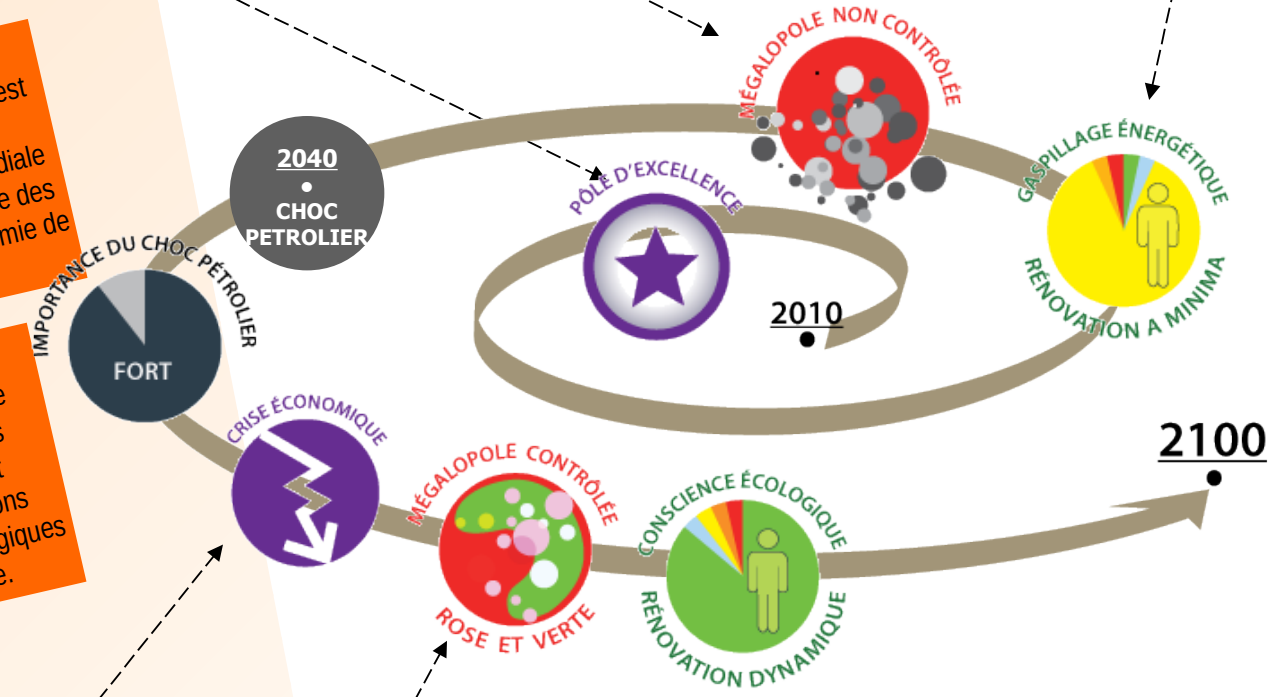
Expansion contrôlée et espaces verts

Devant l'adversité, une **réelle gouvernance** locale se met en place : l'union fait la force ! **L'étalement est stoppé**, la densité urbaine renforcée et contrôlée : la mégalopole toulousaine se forme et conserve une hyperpolarisation sur Toulouse. Les **petits collectifs** constituent toujours la forme urbaine dominante, les **espaces naturels** et agricoles sont mieux protégés, voire restaurés, participant au rafraîchissement de la ville.

BATI ET ENERGIE

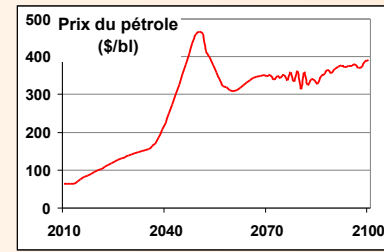
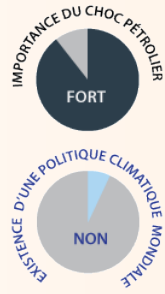
Innovation énergétique

Sur le plan énergétique, les difficultés économiques poussent à **innover** et à revoir les modes de production et de consommation ; les **comportements** évoluent et deviennent économes, la **rénovation** s'accélère, les **nouvelles technologies** se développent.



Économie mondiale

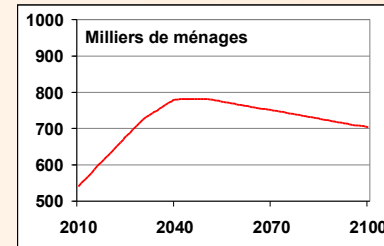
- Fort choc pétrolier en 2040
- Tensions énergétiques généralisées
- Climat hostile à l'investissement
- Absence de politique climatique volontariste



Fort choc pétrolier

Économie locale

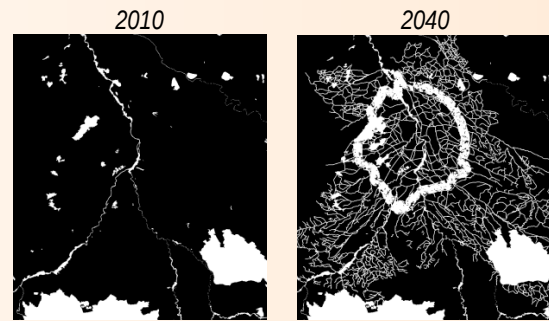
- Toulouse pôle d'excellence : très attractive
- Faible taux de chômage
- Revenus des ménages élevés
- Crise économique
- Diminution de la population
- Revenus inférieurs à la moyenne nationale



Chute de la démographie

Territoire

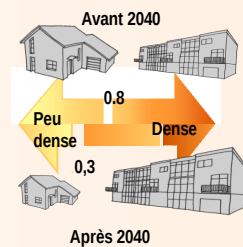
- Poursuite des tendances actuelles dans les modes d'urbanisation
- Ville étalée et dispersée
- Expansion non contrôlée
- Changement net d'orientation
- Expansion contrôlée, ville compacte
- Faible mitage



Apparition des contraintes d'urbanisation (en blanc)

Quartiers et architecture

- Poursuite des tendances actuelles en terme de production d'habitat
- Maisons individuelles majoritaires
- Architecture compacte
- Maisons individuelles en bande ou petits immeubles collectifs
- Végétation urbaine favorisée



A partir de 2040, les maisons individuelles ne sont plus favorisées.



A partir de 2040, les espaces publics jusqu'alors fortement minéraux sont végétalisés : parkings, places et espaces résiduels urbains accueillent des arbres et des plantations basses.

Énergétique du bâti

- Poursuite des tendances actuelles
- Faible innovation énergétique
- Faible taux de rénovation
- Usage non économe du chauffage et de la climatisation
- Comportement économe renforcé
- Accélération des rénovations, bâtiments neufs performants

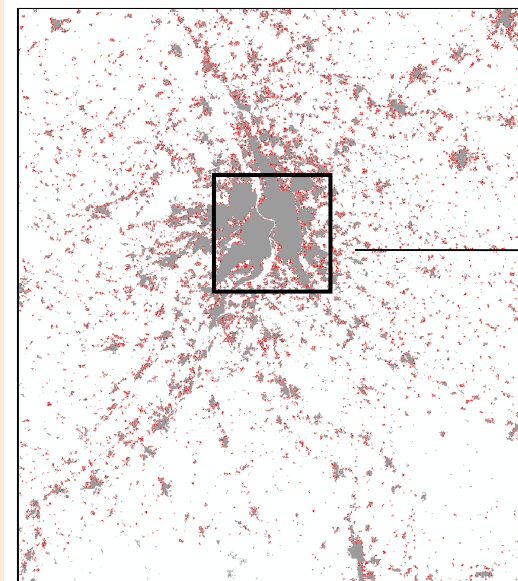


Après 2040, l'utilisation des volets, brise-soleil et de la surventilation permet de limiter les consommations.

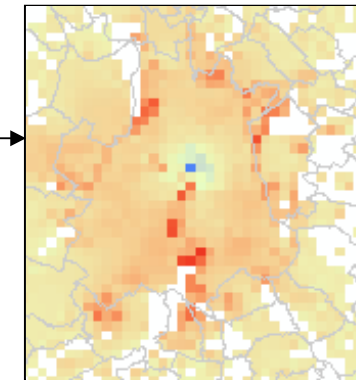


Les taux de rénovation annuels restent faibles jusqu'en 2040, puis sont doublés après cette date, ce qui permet une intégration rapide de la réglementation thermique.

Habitat : 1% puis 2.5%
Tertiaire : 3% puis 6.5%



Évolution de l'urbanisation entre 2010 (gris) et 2100 (rouge)



Évolution densité population (2010-2100)

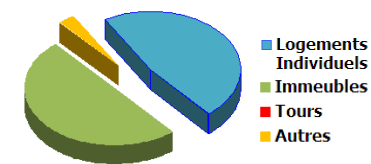
Fort
Nulle
Faible

Forme de la ville

- Un morcellement un peu plus fort qu'en 2010
- La mise en œuvre de politiques de maîtrise de l'urbanisation après 2040 n'a pas d'effet sur la forme urbaine. Le mitage et l'étalement en 2100 résultent principalement de l'évolution qui s'est produite entre 2010 et 2040.

Architecture

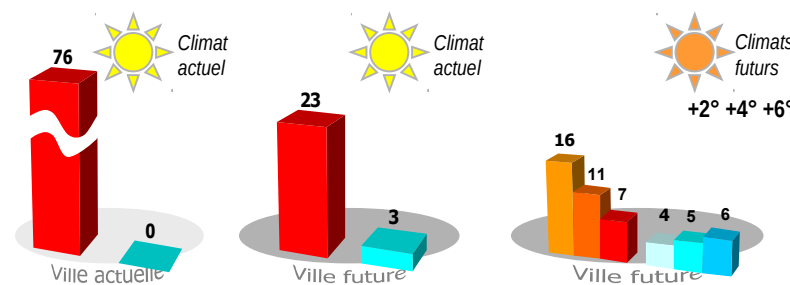
- La construction de maisons individuelles augmente fortement entre 2010 et 2050, puis la crise économique freine les nouvelles constructions.
- De fait, la politique volontariste pour le collectif à partir de 2040 a peu d'effet même si elle empêche la construction de nouvelles maisons isolées.
- Grâce à une réglementation volontariste, le taux moyen de végétation sur le pôle urbain est maintenu, malgré l'expansion urbaine.



Répartition des m² de plancher par types de quartier

Énergie du bâti

- La consommation de chauffage diminue d'un facteur 3 du seul fait de la meilleure isolation et de la politique de rénovation volontariste
- Le réchauffement climatique diminue encore plus le chauffage.
- La climatisation augmente en ville future, du fait principalement de la généralisation des équipements dans le résidentiel.
- L'usage économe de la climatisation permet de limiter l'impact du réchauffement climatique sur la consommation en été.



Consommation de chauffage (rouge) et climatisation (bleu) en Kwh/m2/an pour la ville actuelle (2010) et pour la ville future (2100)

Surface urbanisée Milliers d'hectares	Nombre de zones urbaines Milliers	Taille des zones urbaines Hectares
75	4,5	17
101	4,6	22
+35%	+2%	+5hectares

Surface urbanisée

La surface urbanisée augmente jusqu'en 2040 poursuivant les tendances démographiques puis stagne suite à la diminution de population (situation post-crise économique).

Transports

Distance parcourue chaque mois par personne entre domicile et travail.



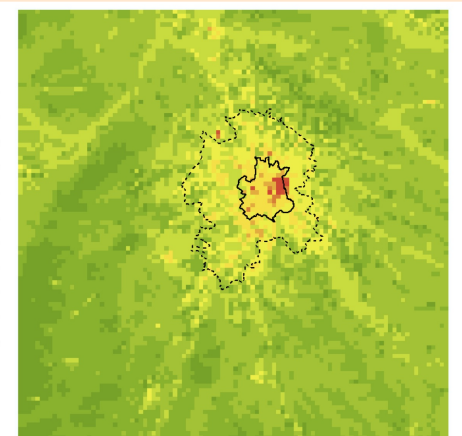
Densité bâtie % plancher/territoire sur le pôle urbain	Hauteur bâtiments Moyenne en mètres sur le pôle urbain	Végétation Taux moyen (%) sur le pôle urbain
32	6,1	86
24	5,7	84
-25%	-0.4m	-2%

Climat et confort urbain

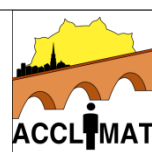
- L'îlot de chaleur en été est faible, même s'il augmente légèrement en moyenne par rapport à la période actuelle.
- Par contre les îlots de chaleurs intenses diminuent sur les banlieues du fait des peintures réfléchissantes, mais se maintiennent en centre ville.
- L'îlot de chaleur en hiver diminue entre 0.5 et 1°C.

Scénario 1

< -0,5	Vert foncé
-0,5 à 0	Vert
0 à 0,25	Vert clair
0,25 à 0,75	Jaune-vert
0,75 à 1,25	Jaune
1,25 à 1,17	Orange
1,75 à 2	Rouge
2 à 2,5	Rouge foncé
2,5 à 3	Orange foncé
> 3	Rouge très foncé



Îlot de chaleur Moyen en été



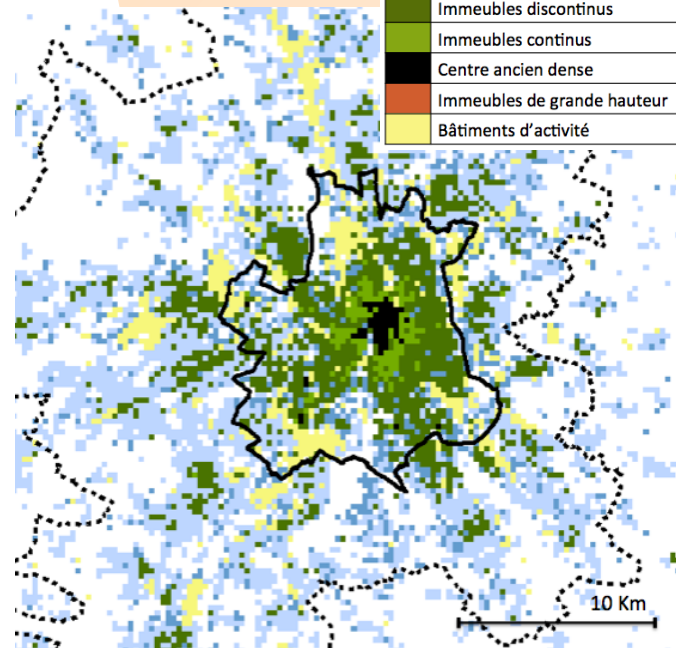
En 2010

- L'urbanisation couvre une superficie de 75 000 ha, soit 9% du territoire. Elle est caractérisée par un fort étalement où le mitage est très présent, le pavillonnaire étant la forme d'urbanisation dominante. Les territoires agricoles périurbains constituent toujours une réserve foncière à l'urbanisation.
- L'aéronautique et le spatial constituent le principal secteur d'activité, même si la santé et l'agro-alimentaire émergent doucement.
- La population, majoritairement jeune, totalise 540 000 ménages.
- La voiture constitue le principal mode de transport, l'engorgement du réseau routier est déjà quotidiennement marqué.
- Le tertiaire et le résidentiel consomment environ 1250 ktep d'énergie, dont environ 950 ktep en chauffage.
- L'îlot de chaleur urbain atteint en moyenne 2°C, 4°C en conditions favorables, et jusqu'à 5°C quelques jours dans l'année.



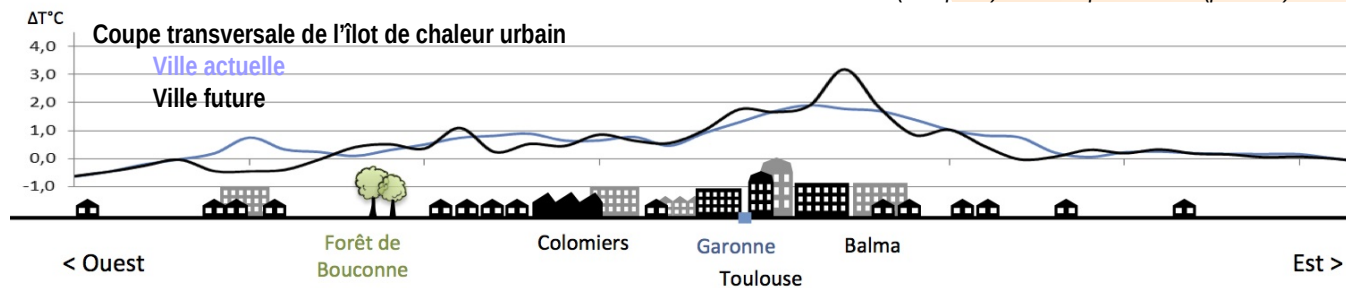
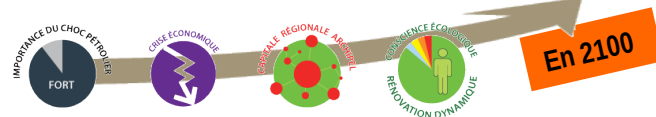
- L'évolution démographique se poursuit, avec un fort gain de population (+ 44% de ménages depuis 2040).
- L'urbanisation préserve les corridors écologiques et totalise malgré tout 85360 ha. La croissance s'est réalisée sous la forme d'habitat compact (maisons individuelles en bande 8 fois plus nombreuses et petits collectifs doublés entre 2010 et 2040).
- Les zones urbanisées sont fortement végétalisées et s'associent aux corridors écologiques pour préserver la biodiversité et favoriser la gestion naturelle des eaux.
- Le contexte pétrolier fragilise fortement le tissu économique. Les difficultés économiques poussent à revoir les modes de production et de consommation et incitent à l'innovation ; les comportements individuels évoluent, les nouvelles technologies se développent.
- Le chauffage diminue de 60 % au m², mais augmente de 52 % sur l'ensemble de l'agglomération du fait de la croissance urbaine.
- L'îlot de chaleur augmente d'environ 0.5°C (croissance urbaine).

Maisons individuelles
Maisons individuelles accolées
Immeubles discontinus
Immeubles continus
Centre ancien dense
Immeubles de grande hauteur
Bâtiments d'activité



Toulouse en 2100 : répartition des types d'îlots sur la ville (trait plein) et sur le pôle urbain (pointillé)

- La volonté de polariser sous la forme d'une ville archipel se heurte à la crise économique. La population baisse (-9% depuis 2070) et par conséquent la surface urbanisée augmente peu (+1675 ha).
- Le centre-ville de Toulouse se dépeuple en raison du coût des loyers trop fort et de l'influence des canicules plus fréquentes sur le climat urbain.
- Malgré les politiques mises en place, les petits collectifs ne dominant pas (42% des m² bâtis). Le taux de végétation reste haut.
- Le taux de rénovation s'accélère, permettant des gains non négligeables, notamment en chauffage (-66 % sur l'ensemble de l'agglomération, même si le climat ne se réchauffe pas).
- L'amélioration du taux de végétation et de la performance énergétique des bâtiments permet de ne pas aggraver l'îlot de chaleur par rapport à maintenant.
- Le réchauffement climatique, même s'il accroît l'inconfort thermique d'été à l'extérieur, augmente la consommation d'énergie liée à la climatisation (surtout dans le centre et les bureaux), mais peu grâce à son usage modéré. Il diminue celle de chauffage, voire l'annule dans les bureaux.



IDEES CLES
Une ville en crise
 La population s'éloigne du centre, trop cher
 Une politique de ville archipel trop tardive

Des gains énergétiques importants
 L'îlot de chaleur est contrôlé
 Une ville agréable

Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche ACCLIMAT Adaptation au Changement CLIMatique de l'Agglomération Toulousaine.

Partenaires :
 Météo France - coordinateur scientifique
 auaT agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire urbaine
 CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
 CIRED Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

METEO FRANCE
 aua/T
 LRA
 GEODE
 ONERA

GEODE Géographie de l'Environnement
 LRA Laboratoire de Recherche en Architecture
 IMT Institut de Mathématiques de Toulouse
 ONERA Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques

Contact : Valéry Masson, Météo France : valery.masson@meteo.fr

Récit d'un scénario à l'horizon 2100 pour l'agglomération toulousaine

N°2 : « Réfléchi »

2010 - 2040

ECONOMIE

Territoire attractif
 L'économie se porte bien, structurée autour d'un **secteur dominant et performant**. L'agglomération toulousaine reste un **territoire attractif**, où la population ne cesse d'augmenter. Les revenus moyens par ménage augmentent.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Expansion contrôlée et espaces verts
 L'étalement urbain en tâche d'huile est stoppé, grâce à un véritable **projet intégré de territoire**. Les **espaces verts sont conservés** (espaces agricoles et naturels), pour leur fonctionnalité écologique, voire réintroduits, pour leur rôle « climatiquement bénéfique ».
 La mixité des fonctions est privilégiée, la **densité urbaine renforcée** et contrôlée, les **logements collectifs** privilégiés, optimisant l'organisation des transports.

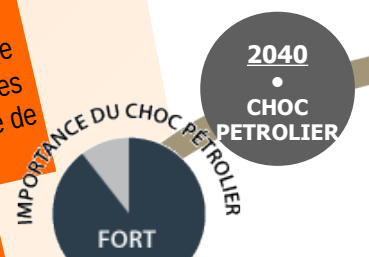
BATI ET ENERGIE

Absence de politique publique mais initiatives individuelles
 En matière énergétique, la politique locale reste tributaire des tendances nationales, ce qui fragilise fortement le territoire. **La réglementation évolue lentement**.
 Une **conscience écologique** des citoyens et une volonté d'économie énergétique apparaissent : l'individu est le ferment d'une **culture forte de l'innovation**, qui favorise l'apparition de techniques nouvelles dans le neuf ou l'existant et permet d'améliorer confort et qualité de vie.

2040

Le prix du baril de pétrole augmente : le choc pétrolier est violemment vécu. Une crise économique mondiale touche durement l'ensemble des pays fondés sur une économie de marché.

Au niveau mondial, les politiques climatiques visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre portent leur fruit : les technologies faiblement carbonées sont disponibles et atténuent l'impact du fort choc pétrolier.



ECONOMIE

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Ville archipel
 Les nouvelles politiques urbaines favorisent la **multi-polarité** : seules les communes situées à 15 min en transports collectifs sont autorisées à se développer. La **ville archipel devient réalité**. Des chaînes de transports alternatifs à la route et l'intermodalité se développent.

BATI ET ENERGIE

Politique publique dynamique
Innovation et réglementation se développent rapidement, les contrôles se renforcent, **l'approche environnementale** également : ouvrages, bâtiments et urbanisme prennent réellement en compte les usages et la notion de confort.
 Les **petits collectifs**, énergétiquement performants, et les **comportements économes** entraînent une véritable réduction des consommations.

Les normes architecturales favorisent la **compacité**, protègent ou restaurent les espaces non urbains. La **forte végétalisation** participe au rafraîchissement de la ville et à un cadre de vie de qualité.

2040 - 2100

ECONOMIE

Crise aéronautique mais fort levier énergétique
 A l'échelle toulousaine, l'industrie aéronautique est pleinement concernée et se trouve fragilisée par la crise mondiale. Le territoire perd de son attractivité : **la population chute**, vieillit et **s'appauvrit**. Les politiques locales maintiennent néanmoins un tissu économique autour de l'innovation énergétique.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

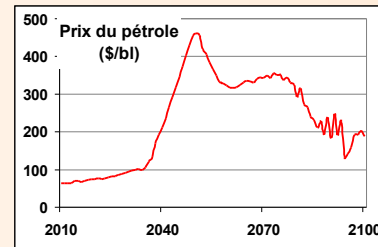
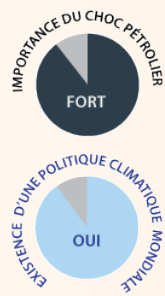
Les nouvelles politiques urbaines favorisent la **multi-polarité** : seules les communes situées à 15 min en transports collectifs sont autorisées à se développer. La **ville archipel devient réalité**. Des chaînes de transports alternatifs à la route et l'intermodalité se développent.

BATI ET ENERGIE

Politique publique dynamique
Innovation et réglementation se développent rapidement, les contrôles se renforcent, **l'approche environnementale** également : ouvrages, bâtiments et urbanisme prennent réellement en compte les usages et la notion de confort.
 Les **petits collectifs**, énergétiquement performants, et les **comportements économes** entraînent une véritable réduction des consommations.

Économie mondiale

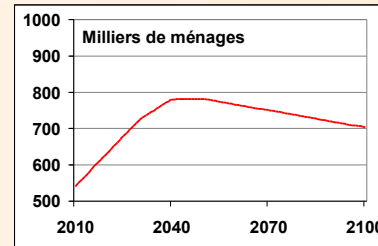
- Fort choc pétrolier en 2040
- Tensions énergétiques généralisées
- Climat hostile à l'investissement
- Politique climatique volontariste



Fort choc pétrolier

Économie locale

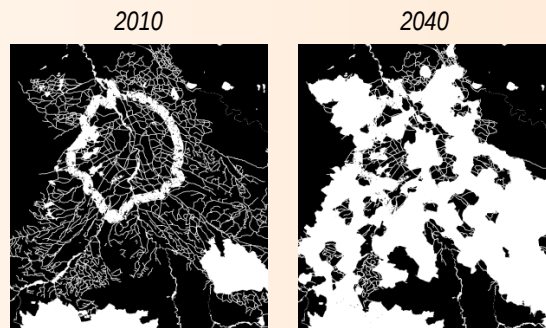
- Toulouse pôle d'excellence : très attractive
- Faible taux de chômage
- Revenus des ménages élevés
- Crise économique
- Diminution de la population
- Revenus inférieurs à la moyenne nationale



Chute de la démographie

Territoire

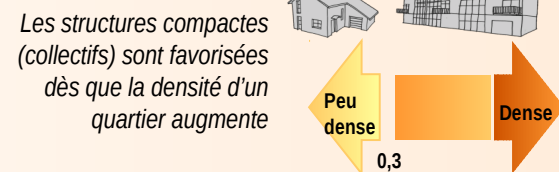
- Expansion contrôlée
- Ville compacte, mitage faible
- Extension en continuité de l'existant et le long du réseau routier.
- Polarisation du territoire : ville archipel
- Maisons ou petits collectifs



Renforcement au cours du temps des contraintes d'urbanisation (en blanc)

Quartiers

- Architecture compacte
- Maisons individuelles en bande ou petits immeubles collectifs
- Fort taux de végétation urbaine



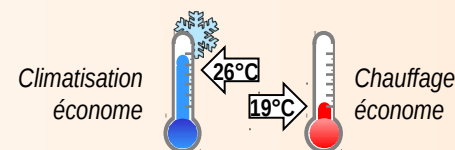
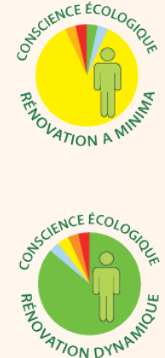
Les structures compactes (collectifs) sont favorisées dès que la densité d'un quartier augmente



Dès 2010, les espaces publics sont fortement végétalisés : parkings, places et espaces résiduels urbains accueillent des arbres et des plantations basses.

Énergétique du bâti

- Faible innovation énergétique
- Usage économe du chauffage et de la climatisation
- Actions individuelles pour gagner en confort et réduire les dépenses en énergie
- Comportement économe renforcé
- Accélération des rénovations, bâtiments neufs performants

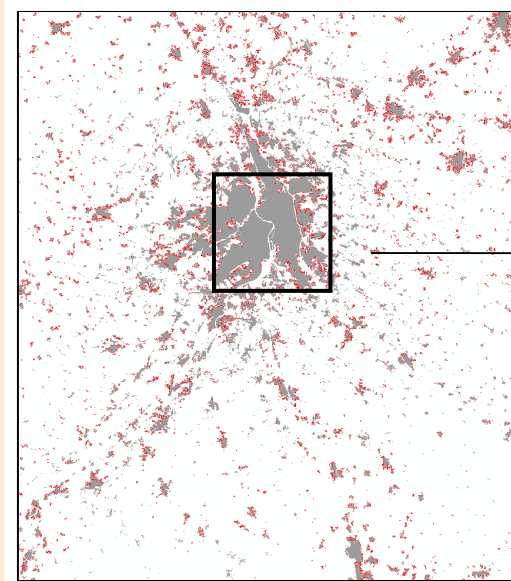


Utilisation optimale des volets, brise-soleil et de la surventilation.

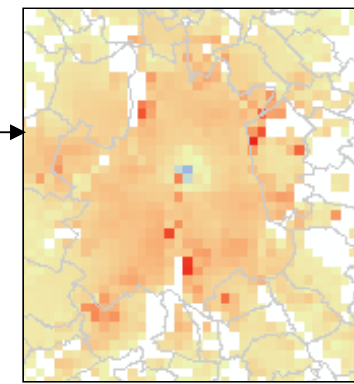


Les taux de rénovation annuels restent faibles jusqu'en 2040, puis sont doublés ce qui permet une intégration rapide de la réglementation thermique.

Habitat : 1% puis 2.5%
Tertiaire : 3% puis 6.5%



Évolution de l'urbanisation entre 2010 (gris) et 2100 (rouge)



Évolution densité population (2010-2100)

Fort
Nulle
Faible

Forme de la ville

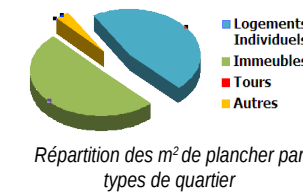
La mise en œuvre de politiques de maîtrise de l'urbanisation dès 2010 a permis de limiter le mitage (zones urbaines moins nombreuses et plus grandes), de préserver les corridors écologiques en comblant les dents creuses et en n'autorisant l'urbanisation qu'à proximité de l'existant. L'urbanisation de 2100 reflète l'efficacité des politiques mises en œuvre

Distribution de la population

Le centre ville de Toulouse se dépeuple en raison des coûts des loyers trop élevés par rapport aux revenus. L'évolution du coût du pétrole ne constitue pas un frein à habiter en proche ou en lointaine périphérie comparativement au coût des loyers.

Architecture

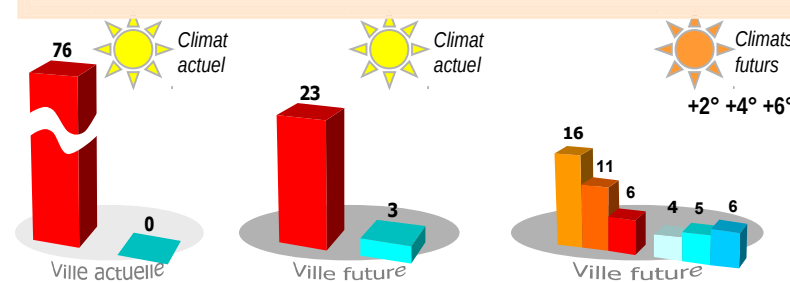
Grâce à une action politique mise en œuvre dès 2010, on construit 4 fois plus d'habitat compact que de maisons individuelles isolées. Malgré l'étalement urbain, la hauteur moyenne des bâtiments reste stable. Grâce à une réglementation volontariste dès 2010, le taux de végétation moyen sur le pôle urbain augmente, malgré l'expansion urbaine.



Répartition des m² de plancher par types de quartier

Énergie du bâti

La consommation de chauffage diminue d'un facteur 3 du seul fait de la meilleure isolation et de la politique de rénovation volontariste. Le réchauffement climatique diminue encore plus l'usage du chauffage. La climatisation augmente en ville future, du fait principalement de la généralisation des équipements dans le résidentiel. L'usage économe de la climatisation permet de limiter l'impact du réchauffement climatique sur la consommation en été.



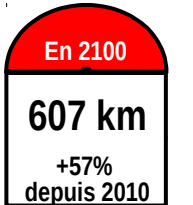
Consommation de chauffage (rouge) et climatisation (bleu) en Kwh/m2/an pour la ville actuelle (2010) et pour la ville future (2100)

Surface urbanisée Milliers d'hectares	Nombre de zones urbaines Milliers	Taille des zones urbaines Hectares
75	4,5	17
95	4	24
+27%	-11%	+7 hectares

Surface urbanisée

La surface urbanisée augmente jusqu'en 2040 poursuivant les tendances démographiques puis stagne suite à la diminution de population (situation post-crise économique).

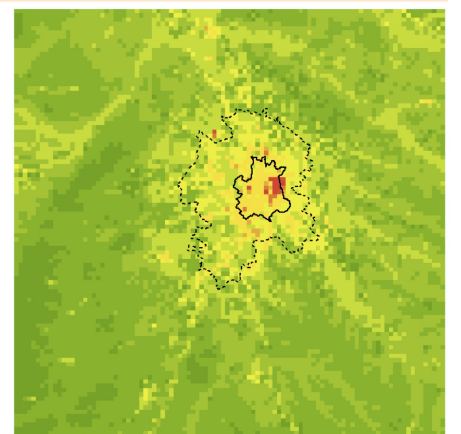
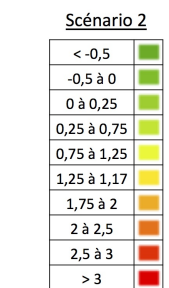
Transports
Distance parcourue chaque mois par personne entre domicile et travail.



Densité bâtie % plancher/territoire sur le pôle urbain	Hauteur bâtiments Moyenne en mètres sur toute la zone	Végétation Taux moyen (%) sur le pôle urbain
32	6,1	86
25	6,1	90
-22%	0m	+5%

Climat et confort urbain

- L'îlot de chaleur en été est faible, même s'il augmente légèrement en moyenne par rapport à la période actuelle.
- Par contre les îlots de chaleurs intenses diminuent sur les banlieues du fait des peintures réfléchissantes, mais se maintiennent en centre ville.
- L'îlot de chaleur en hiver diminue entre 0.5 et 1°C.

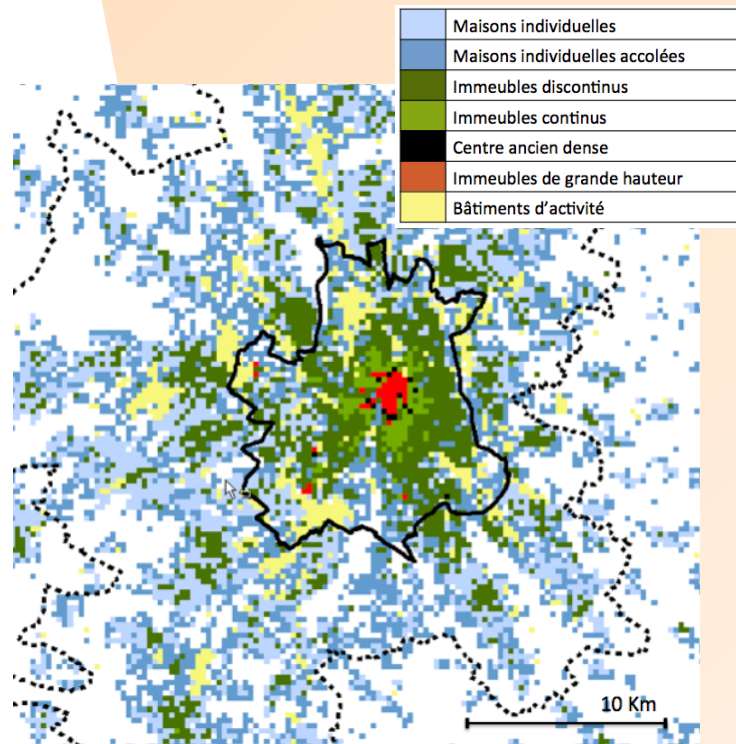


Îlot de chaleur Moyen en été

En 2010

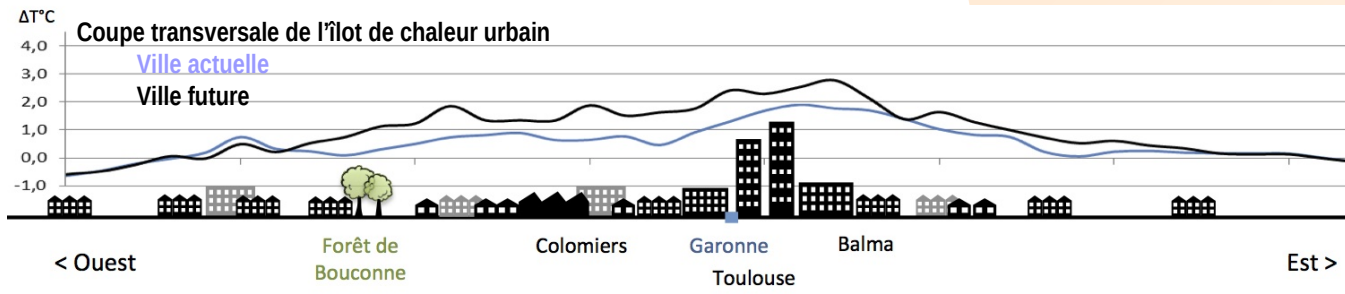
- L'urbanisation couvre une superficie de 75 000 ha, soit 9% du territoire. Elle est caractérisée par un fort étalement où le mitage est très présent, le pavillonnaire étant la forme d'urbanisation dominante. Les territoires agricoles périurbains constituent toujours une réserve foncière à l'urbanisation.
- L'aéronautique et le spatial constituent le principal secteur d'activité, même la santé et l'agro-alimentaire émergent doucement.
- La population, majoritairement jeune, totalise 540 000 ménages.
- La voiture constitue le principal mode de transport, l'engorgement du réseau routier est déjà quotidiennement marqué.
- Le tertiaire et le résidentiel consomment environ 1250 ktep d'énergie, dont environ 950 ktep en chauffage.
- L'îlot de chaleur urbain atteint en moyenne 2°C, 4°C en conditions favorables, et jusqu'à 5°C quelques jours dans l'année.

- L'évolution démographique se poursuit selon les tendances passées avec un gain de population de +44.5% par rapport à 2010 (780000 habitants).
- L'urbanisation, en forme de mégalopole, préserve les corridors écologiques et totalise 85821 ha. La croissance s'est réalisée par une densification du périurbain sous la forme d'habitat compact (maison individuelle en bande + 2600% et de petits collectifs +56% entre 2010 et 2040) et du centre-ville (grands collectifs +450% entre 2010 et 2040).
- Les zones urbanisées sont faiblement végétalisées.
- La rénovation organisée autour de procédés innovants et les comportements plus économes permettent des gains énergétiques intéressants (-49% en chauffage, consommation liée à la climatisation faible). Les gains sont importants dans le tertiaire.



Toulouse en 2100 : répartition des types d'îlots sur la ville (trait plein) et sur le pôle urbain (pointillé)

- La mégalopole toulousaine s'affirme à l'échelon national, avec une économie diversifiée et attractive qui se traduit sur la population qui n'a cessé d'augmenter avec 860000 habitants en 2070 et près de 940000 habitants en 2100.
- Les surfaces urbanisées ont augmenté de près de 37% par rapport à 2010, malgré un contrôle et une densification (maison individuelle en bande + 91% et de petits collectifs +40% entre 2040 et 2100), totalisant près de 120000 ha (contre 105000 en 2070). Cependant, les petits collectifs restent minoritaires (28% des m² bâtis). La trame verte et bleue se distingue particulièrement bien désormais et segmente l'urbain. Malgré tout, la conurbation entre Toulouse et les villes périphériques (Montauban, Albi, Muret, Pamiers...) se confirme.
- Le taux de végétation reste bas.
- La rénovation presque généralisée et les comportements plus économes permettent des gains énergétiques intéressants (-53 % en consommation totale de chauffage sur l'agglomération). La consommation d'énergie de climatisation est modérée.
- L'îlot de chaleur urbain augmente en été (jusqu'à +1°C).



IDEES CLES
 Une population en croissance
 Des tours remplacent le centre historique
 Malgré la densification, le pavillonnaire reste majoritaire

Des gains énergétiques relativement importants
 L'îlot de chaleur augmente
 Le confort diminue

Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche ACCLIMAT Adaptation au Changement CLIMatique de l'Agglomération Toulousaine.

Partenaires :
 Météo France - coordinateur scientifique
 auaT agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire urbaine
 CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
 CIRED Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

METEO FRANCE
 Toujours un temps d'avance

STAE TOULOUSE
 ACCLIMAT a bénéficié d'une aide de la Fondation de Coopération Scientifique STAE Toulouse.

GEODE Géographie de l'Environnement
 LRA Laboratoire de Recherche en Architecture
 IMT Institut de Mathématiques de Toulouse
 ONERA Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques

Contact : Valéry Masson, Météo France : valery.masson@meteo.fr

Récit d'un scénario à l'horizon 2100 pour l'agglomération toulousaine

N°3 : « Dynamique »

2010 - 2040

ECONOMIE

Territoire attractif

L'économie se porte bien, structurée autour d'un **secteur dominant et performant**. L'agglomération toulousaine reste un **territoire attractif**, où la population ne cesse d'augmenter. Les revenus moyens par ménage augmentent.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Expansion contrôlée et verticalisation

L'étalement urbain en tâche d'huile est stoppé, grâce à la trame verte et bleue. Un véritable **projet de développement économique du territoire** émerge, s'appuyant sur une politique de transport efficace, et favorisant les **formes architecturales de grande hauteur**. La gestion et la préservation des espaces non urbains ne constituent cependant pas une priorité.

BATI ET ENERGIE

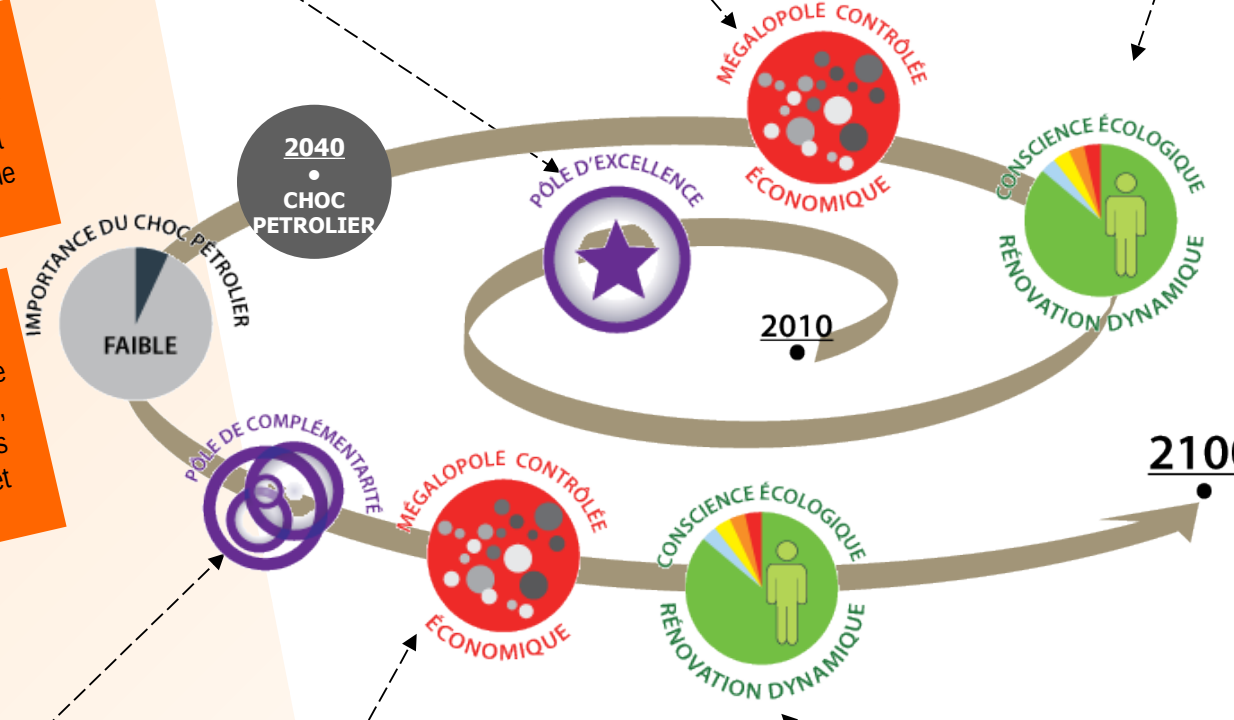
Réglementation dynamique

Des normes énergétiques strictes sont définies et appliquées pour tout bâtiment : **réglementation et innovation** sont très dynamiques, favorisant la rénovation. Pour réduire les consommations énergétiques, les normes architecturales prévoient une **compacité extrême** avec un contrôle de la densité, se traduisant sous la forme de **petits et grands collectifs**. Les bâtiments autonomes fleurissent, les **comportements deviennent vertueux**.

2040

Le prix du baril de pétrole augmente, mais en 2040 le choc pétrolier est limité par l'effort technologique et la diversification économique anticipée.

La prise de conscience "énergétique et climatique" des décideurs conduit à une organisation plus intégrée, partagée et contrôlée des efforts technologiques et réglementaires.



2040 - 2100

ECONOMIE

Diversification et levier énergétique

L'économie se diversifie afin de réduire sa dépendance à un seul secteur d'activité : moins sensible au contexte mondial, le territoire conserve une **forte attractivité**. Une économie locale se développe, autour de l'exploitation des ressources locales et de **l'innovation pour la performance énergétique des bâtiments**.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Gouvernance régionale pour une mégalopole contrôlée

Le développement territorial répond à une volonté politique et une compétence régionale (**SCoT Régional**). Le développement économique et urbain prévaut, et repose sur une politique de **mixité fonctionnelle des espaces de vie**. Les espaces urbains restent denses, les **grands collectifs** sont majoritaires et des **immeubles de grande hauteur** apparaissent, sans augmentation des espaces verts.

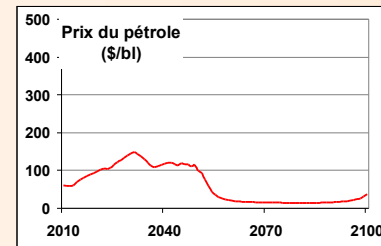
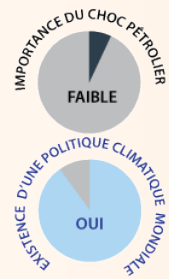
BATI ET ENERGIE

Rénovation et comportement vertueux

La mutualisation et la mise en réseau des énergies produites devient systématique. Les usagers accèdent au "juste nécessaire", **contrôlant au mieux leur consommation** et évitant ainsi la gabegie. **Innovation et réglementation** se développent rapidement, améliorant encore les performances énergétiques des bâtiments.

Économie mondiale

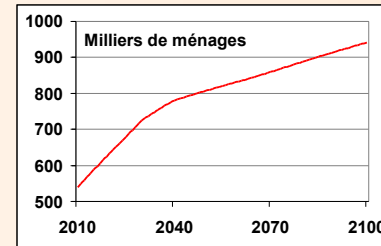
- Faible choc pétrolier en 2040
- Politique climatique volontariste



Faible choc pétrolier

Économie locale

- Toulouse pôle d'excellence : ville attractive
- Faible taux de chômage
- Revenus des ménages élevés
- Économie diversifiée : attractivité accrue
- Augmentation de la population
- Revenus toujours supérieurs à la moyenne nationale



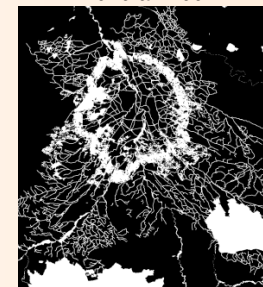
Augmentation de la démographie

Territoire

- Expansion contrôlée
- Ville compacte, très faible mitage
- Extension en continuité de l'existant



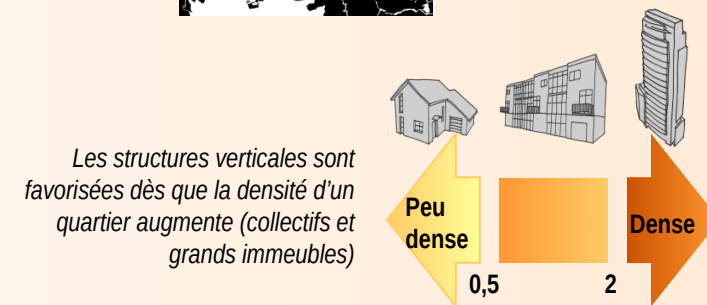
2010 à 2100



Maintien au cours du temps des contraintes d'urbanisation (en blanc)

Quartiers

- Surélévation des maisons et immeubles encouragée par le PLU
- Interdiction de construire de nouveaux quartiers de pavillonnaire isolé.
- Renouvellement urbain autorisé dans le centre historique
- Végétation urbaine non favorisée

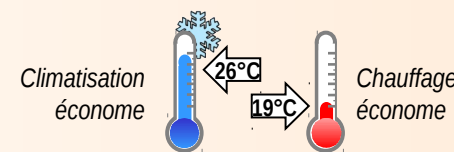


Les structures verticales sont favorisées dès que la densité d'un quartier augmente (collectifs et grands immeubles)

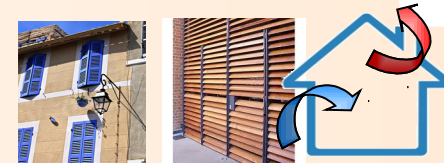
Les espaces publics sont peu végétalisés : places et parkings sont minéralisés, les jardins constituent la majorité de la végétation urbaine.

Énergétique du bâti

- Forte innovation énergétique
- Actions individuelles pour gagner en confort et réduire les dépenses en énergie
- Comportement économe renforcé
- Accélération des rénovations, bâtiments neufs performants

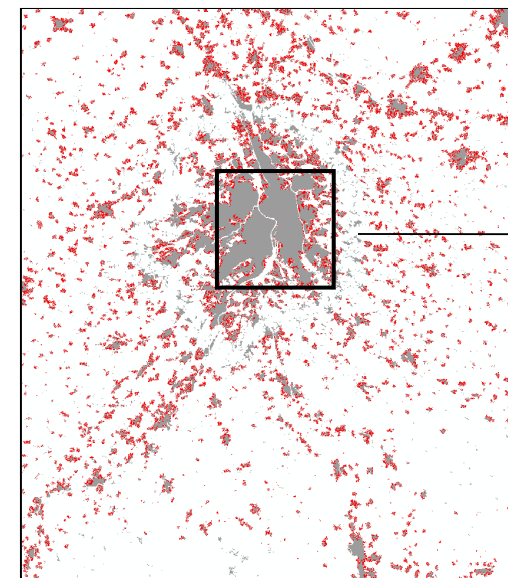


Utilisation optimale des volets, brise-soleil et de la surventilation.

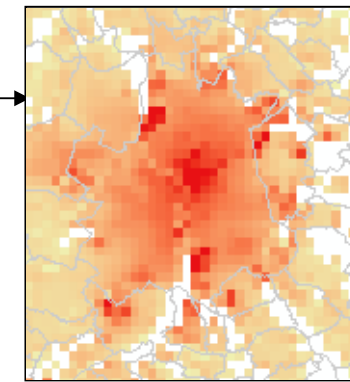


Dès 2010, les taux de rénovation annuels sont élevés, ce qui permet une intégration rapide de la réglementation thermique.

Habitat : 2.5%
Tertiaire : 6.5%



Évolution de l'urbanisation entre 2010 (gris) et 2100 (rouge)



Évolution densité population (2010-2100)

Forme de la ville

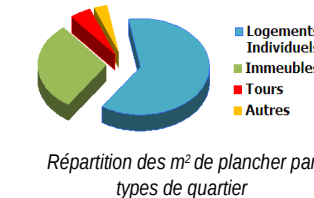
- La mise en œuvre de politiques de maîtrise de l'urbanisation dès 2010 a permis de réduire le mitage (-27% de zones urbaines), de préserver les corridors écologiques et l'agriculture périurbaine en comblant les dents creuses et en n'autorisant l'urbanisation qu'à proximité de l'existant.
- Les zones urbaines grandissent et se regroupent.

Distribution de la population

- Le centre ville de Toulouse ainsi que les proches périphéries se densifient.
- La population augmente sensiblement en lointaine périphérie, dans les communes situées le long des axes routiers principaux.

Architecture

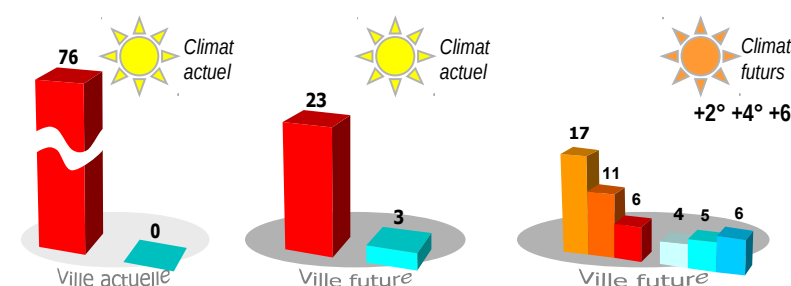
- Un réaménagement majeur du centre ancien de Toulouse conduit à l'apparition d'immeubles de grande hauteur. La maison individuelle régresse au profit de maisons en bande et de petits collectifs.
- Les bâtiments s'élèvent en moyenne d'un étage par rapport à aujourd'hui.
- La végétation en zone urbanisée n'est pas favorisée. Le taux de végétation moyen sur le pôle urbain diminue.



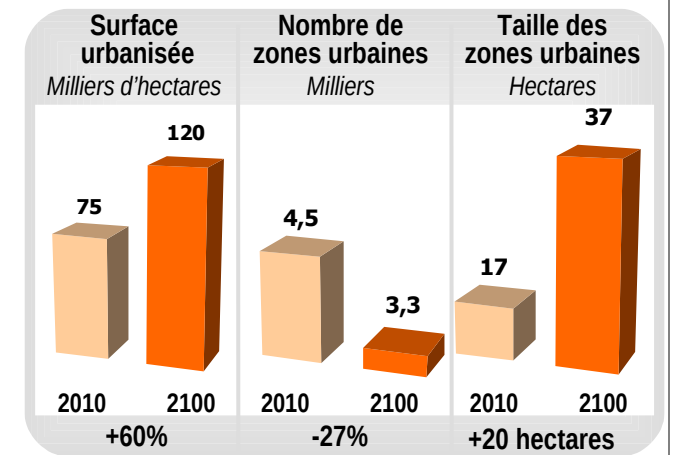
Répartition des m² de plancher par types de quartier

Énergie du bâti

- La consommation de chauffage diminue d'un facteur 3 du seul fait de la meilleure isolation et de la politique de rénovation volontariste
- Le réchauffement climatique diminue encore plus le chauffage.
- La climatisation augmente en ville future, du fait principalement de la généralisation des équipements dans le résidentiel.
- L'usage économe de la climatisation permet de limiter l'impact du réchauffement climatique sur la consommation en été.



Consommation de chauffage (rouge) et climatisation (bleu) en Kwh/m2/an pour la ville actuelle (2010) et pour la ville future (2100)

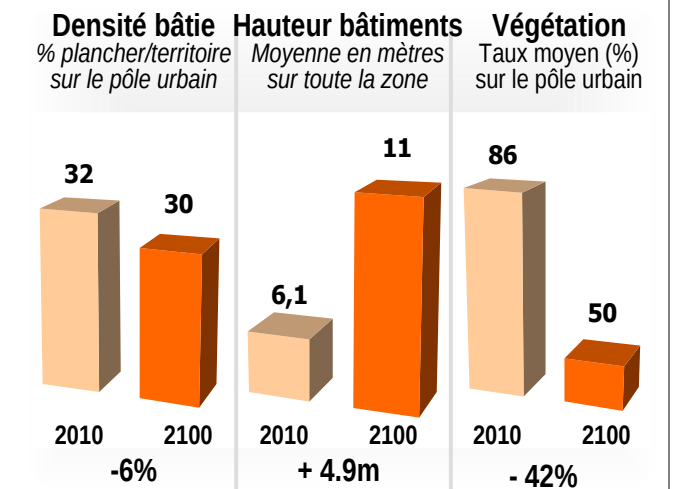


Surface urbanisée

La surface urbanisée augmente jusqu'en 2100. L'anticipation du choc pétrolier a conduit à la diversification des activités économiques ayant pour conséquence une forte augmentation des surfaces urbanisées (+60% par rapport à 2010).

Transports

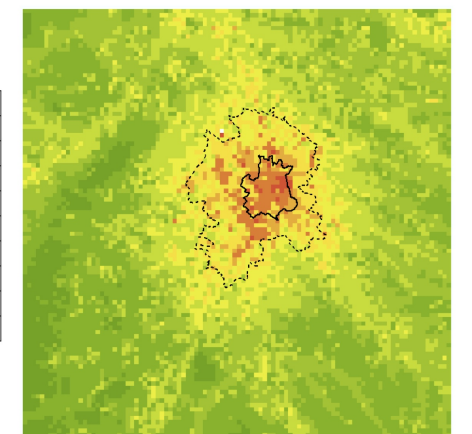
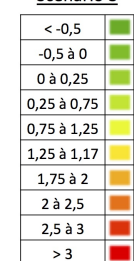
Distance parcourue chaque mois par personne entre domicile et travail.



Climat et confort urbain

- Les îlots de chaleurs estivaux augmentent sur les banlieues (jusqu'à +1°C) malgré les peintures réfléchissantes, du fait de la minéralisation et de la densification de la population en forte croissance.
- En hiver il diminue de 0.5°C et jusqu'à 2°C en centre-ville.

Scénario 3



Îlot de chaleur Moyen en été

En 2010

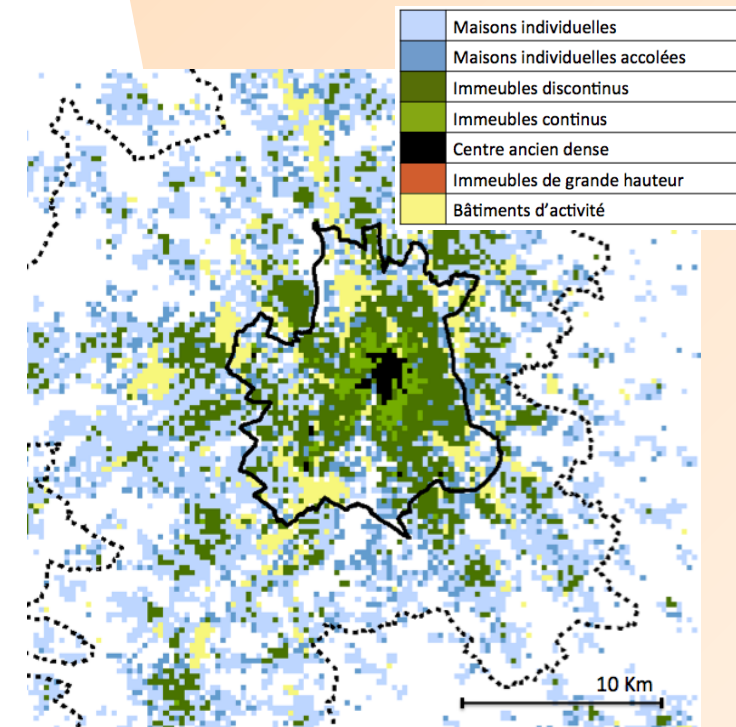
- L'urbanisation couvre une superficie de 75 000 ha, soit 9% du territoire. Elle est caractérisée par un fort étalement où le mitage est très présent, le pavillonnaire étant la forme d'urbanisation dominante. Les territoires agricoles périurbains constituent toujours une réserve foncière à l'urbanisation.
- L'aéronautique et le spatial constituent le principal secteur d'activité, même la santé et l'agro-alimentaire émergent doucement.
- La population, majoritairement jeune, totalise 540 000 ménages.
- La voiture constitue le principal mode de transport, l'engorgement du réseau routier est déjà quotidiennement marqué.
- Le tertiaire et le résidentiel consomment environ 1250 ktep d'énergie, dont environ 950 ktep en chauffage.
- L'îlot de chaleur urbain atteint en moyenne 2°C, 4°C en conditions favorables, et jusqu'à 5°C quelques jours dans l'année.



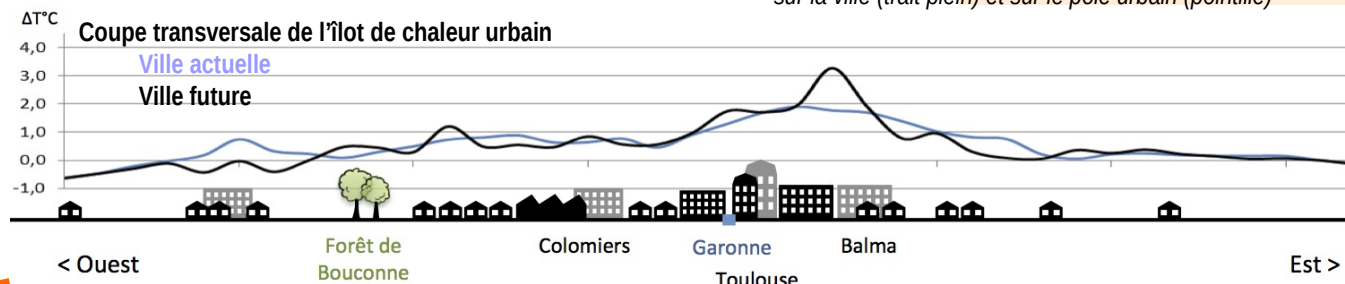
- L'évolution démographique se poursuit, avec un fort gain de population (+ 44% de ménages depuis 2010)
- L'urbanisation atteint 85230 ha, soit 11% du territoire. La politique volontariste progressivement mise en place pour favoriser des formes urbaines plus compactes, dans le respect des corridors écologiques, permet de limiter le mitage et de polariser peu à peu l'urbanisation. Des formes d'habitat plus compactes sont désormais privilégiées : +815% de maisons individuelles en bande et +100% de petits collectifs entre 2010 et 2040.
- Les zones urbanisées sont fortement végétalisées et s'associent aux corridors écologiques pour préserver la biodiversité et la gestion naturelle des eaux.
- L'appropriation de la question énergétique est concrète : une rénovation qui s'organise et s'appuie sur des procédés innovants, des comportements plus économes, permettent des gains énergétiques importants (-50%).



- La structuration de la ville archipel s'affirme : la population privilégie le centre de Toulouse et les communes « pôles » identifiées par des documents de planification contraignants. La surface urbanisée augmente cependant (+30000 ha, soit +40% de surface urbanisée par rapport à 2010). La bonne santé économique du territoire attire des activités diversifiées, la population augmente (+20% depuis 2040) et les revenus sont supérieurs à la moyenne nationale.
- Dans un cadre de vie très végétalisé, une architecture compacte continue de se développer : +37% de maisons individuelles en bande et +89% de petits collectifs entre 2040 et 2100. Le logement individuel représente moins de la moitié du parc (59% des m2 bâtis).
 - Les politiques énergétiques s'affirment : rénovation accélérée, innovation et comportements vertueux permettent de limiter fortement les consommations (-59% de chauffage) malgré l'expansion de la ville.
 - La végétation permet d'améliorer nettement le confort estival en ville, et atténue les impacts du réchauffement climatique. La climatisation rejette peu de chaleur grâce à la qualité du bâti.



Toulouse en 2100 : répartition des types d'îlots sur la ville (trait plein) et sur le pôle urbain (pointillé)



IDEES CLES

Une ville archipel qui limite l'étalement
Une population en forte croissance
Habitat pavillonnaire et petit collectifs se côtoient

Des gains énergétiques importants
Un îlot de chaleur limité
Une ville confortable

Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche ACCLIMAT Adaptation au Changement CLIMatique de l'Agglomération Toulousaine.

ACCLIMAT a bénéficié d'une aide de la Fondation de Coopération Scientifique STAE Toulouse.

Contact : Valéry Masson, Météo France : valery.masson@meteo.fr

Partenaires :
Météo France - coordinateur scientifique
auaT agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire urbaine
CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
CIRED Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

METEO FRANCE
Météo France
CERFACS
CIRED
ONERA

GEODE Géographie de l'Environnement
LRA Laboratoire de Recherche en Architecture
IMT Institut de Mathématiques de Toulouse
ONERA Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques

Récit d'un scénario à l'horizon 2100 pour l'agglomération toulousaine

N°4 : « Vert »

2010 - 2040

ECONOMIE

Territoire attractif

L'économie se porte bien, structurée autour d'un **secteur dominant et performant**. L'agglomération toulousaine reste un **territoire attractif**, où la population ne cesse d'augmenter. Les revenus moyens par ménage augmentent.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Expansion contrôlée et espaces verts

L'étalement urbain en tâche d'huile est stoppé, grâce à un véritable **projet intégré de territoire**. Les **espaces verts sont conservés** (espaces agricoles et naturels), pour leur fonctionnalité écologique, voire réintroduits, pour leur rôle « climatiquement bénéfique ».

La mixité des fonctions est privilégiée, la densité urbaine renforcée et contrôlée, **les logements collectifs** privilégiés, optimisant l'organisation des transports.

BATI ET ENERGIE

Réglementation dynamique

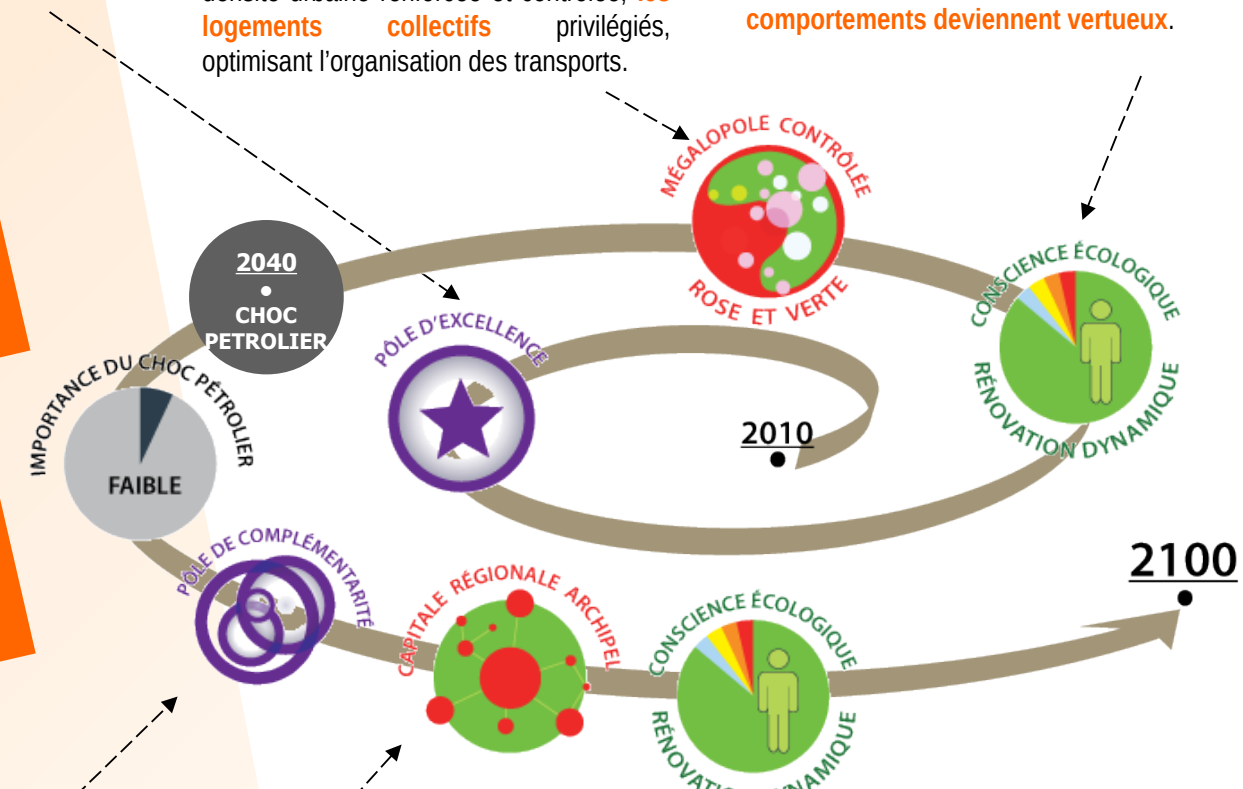
Des normes énergétiques strictes sont définies et appliquées pour tout bâtiment : **réglementation et innovation** sont très dynamiques, favorisant la rénovation.

Pour réduire les consommations énergétiques, les normes architecturales prévoient une **compacité extrême** avec un contrôle de la densité, se traduisant sous la forme de **petits et grands collectifs**. Les bâtiments autonomes fleurissent, les **comportements deviennent vertueux**.

2040

Le prix du baril de pétrole augmente, mais en 2040 le choc pétrolier est limité par l'effort technologique et la diversification économique anticipée.

La prise de conscience "énergétique et climatique" des décideurs conduit à une organisation plus intégrée, partagée et contrôlée des efforts technologiques et réglementaires.



2040 - 2100

ECONOMIE

Diversification et levier énergétique

L'économie se diversifie afin de réduire sa dépendance à un seul secteur d'activité : moins sensible au contexte mondial, le territoire conserve une **forte attractivité**.

Une économie locale se développe, autour de l'exploitation des ressources locales et de **l'innovation pour la performance énergétique des bâtiments**.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Ville archipel

Les nouvelles politiques urbaines favorisent la **multi-polarité** : seules les communes situées à 15 min en transports collectifs sont autorisées à se développer. La **ville archipel devient réalité**. Des chaînes de transports alternatifs à la route et l'intermodalité se développent.

Les normes architecturales favorisent la **compacité**, protègent ou restaurent les espaces non urbains. La **forte végétalisation** participe au rafraîchissement de la ville et à un cadre de vie de qualité.

BATI ET ENERGIE

Rénovation et comportement vertueux

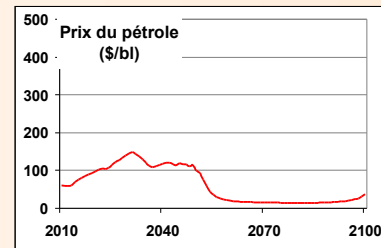
La mutualisation et la mise en réseau des énergies produites devient systématique.

Les usagers accèdent au "juste nécessaire", **contrôlant au mieux leur consommation** et évitant ainsi la gabegie.

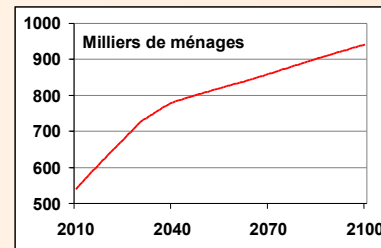
Innovation et réglementation se développent rapidement, améliorant encore les performances énergétiques des bâtiments.

Économie mondiale

- Faible choc pétrolier en 2040
- Politique climatique volontariste



Faible choc pétrolier



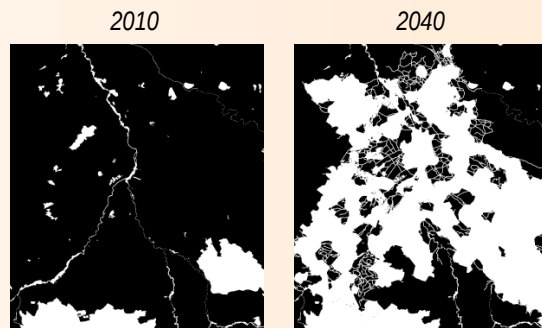
Augmentation de la démographie

Économie locale

- Toulouse pôle d'excellence : ville attractive
- Faible taux de chômage
- Revenus des ménages élevés
- Toulouse de plus en plus attractive
- Augmentation de la population
- Revenus toujours supérieurs à la moyenne nationale

Territoire

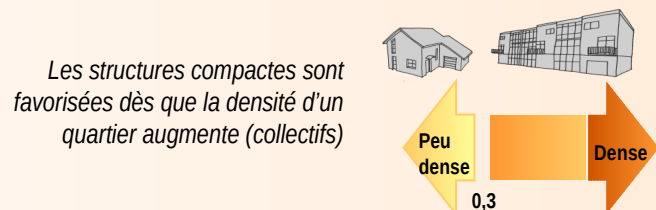
- Expansion contrôlée
- Ville compacte, mitage faible
- Extension en continuité de l'existant et le long du réseau routier.
- Polarisation du territoire : ville archipel
- Maisons ou petits collectifs



Fortes contraintes d'urbanisation (en blanc) à partir de 2040

Quartiers

- Architecture compacte
- Maisons individuelles en bande ou petits immeubles collectifs
- Végétation urbaine favorisée



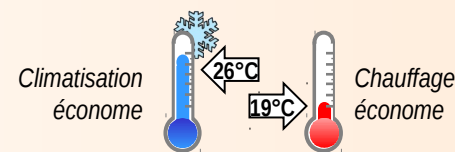
Les structures compactes sont favorisées dès que la densité d'un quartier augmente (collectifs)



Dès 2010, les espaces publics sont fortement végétalisés : parkings, places et espaces résiduels urbains accueillent des arbres et des plantations basses.

Énergétique du bâti

- Forte innovation énergétique
- Comportement économe renforcé
- Accélération des rénovations, bâtiments neufs performants

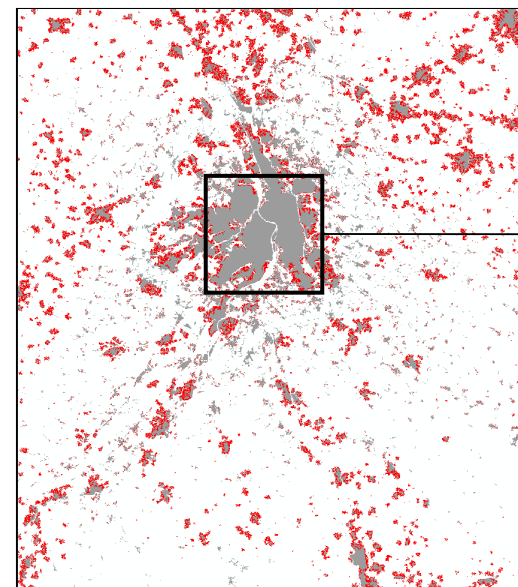


Utilisation optimale des volets, brise-soleil et de la surventilation.

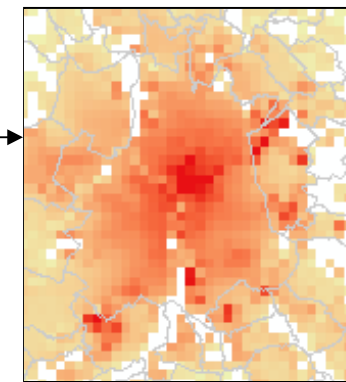


Les taux de rénovation annuels sont élevés, ce qui permet une intégration rapide de la réglementation thermique.

Habitat : 2.5%
Tertiaire : 6.5%



Évolution de l'urbanisation entre 2010 (gris) et 2100 (rouge)



Évolution densité population (2010-2100)

Forme de la ville

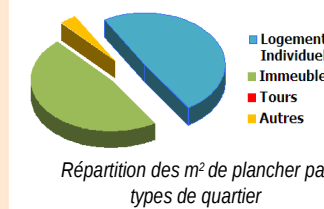
- Dans un contexte de forte croissance urbaine, les politiques de maîtrise de l'urbanisation entre 2010 et 2040 ont permis de réduire le mitage (-20% de zones urbaines) et de structurer l'urbanisation autour de pôles.
- Les zones urbaines grandissent, sont de plus en plus distantes les unes des autres.

Distribution de la population

- Le centre ville de Toulouse ainsi que les proches périphéries se densifient.
- La population augmente sensiblement en lointaine périphérie, dans les communes polarisantes.

Architecture

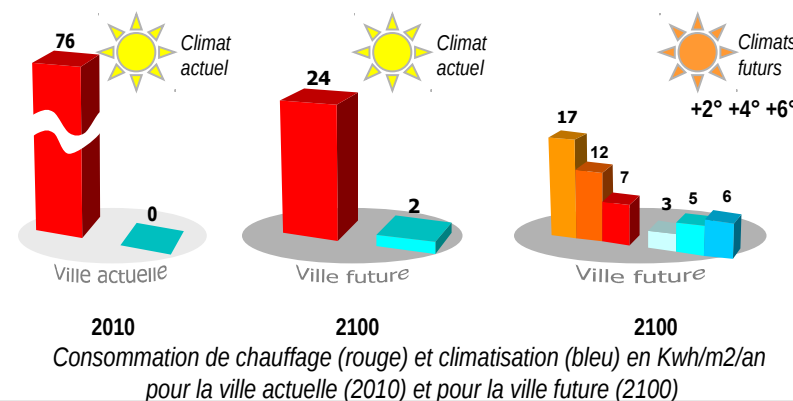
- On construit entre 2010 et 2100 4 fois plus de m² d'habitat compact (maisons en bande et petits collectifs) que de maisons individuelles isolées.
- Malgré l'étalement urbain la hauteur moyenne du bâtiment reste stable grâce à des politiques urbaines volontaristes.
- Malgré une réglementation volontariste, le taux de végétation moyen sur le pôle urbain diminue légèrement en raison de la forte expansion urbaine.



Répartition des m² de plancher par types de quartier

Énergie du bâti

- La consommation de chauffage diminue d'un facteur 3 du seul fait de la meilleure isolation et de la politique de rénovation volontariste
- Le réchauffement climatique diminue encore plus l'usage du chauffage.
- La climatisation augmente en ville future, du fait principalement de la généralisation des équipements dans le résidentiel.
- L'usage économe de la climatisation permet de limiter l'impact du réchauffement climatique sur la consommation en été.
- La végétalisation urbaine diminue un peu le besoin en climatisation.



Consommation de chauffage (rouge) et climatisation (bleu) en Kwh/m2/an pour la ville actuelle (2010) et pour la ville future (2100)

Surface urbanisée (Milliers d'hectares)	Nombre de zones urbaines (Milliers)	Taille des zones urbaines (Hectares)
2010: 75	2010: 4,5	2010: 17
2100: 105	2100: 3,6	2100: 35
+40%	-20%	+18 hectares

Surface urbanisée

La surface urbanisée augmente jusqu'en 2100. L'anticipation du choc pétrolier a conduit à la diversification des activités économiques ayant pour conséquence une forte augmentation des surfaces urbanisées (+40% par rapport à 2010).

Transports

Distance parcourue chaque mois par personne entre domicile et travail.

En 2100
849 km
+120 % depuis 2010

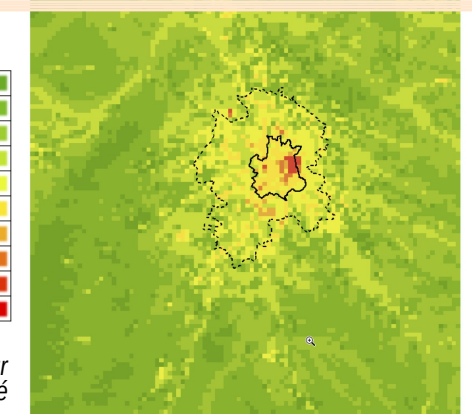
Densité bâtie (% plancher/territoire sur le pôle urbain)	Hauteur bâtiments (Moyenne en mètres sur toute la zone)	Végétation (Taux moyen (%) sur le pôle urbain)
2010: 32	2010: 6,1	2010: 86
2100: 30	2100: 6,2	2100: 73
-6%	+ 0.1 m	- 15%

Climat et confort urbain

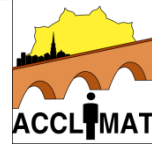
- Le verdissement urbain permet de maintenir un îlot de chaleur comparable, voire localement en baisse par rapport à l'actuel malgré la forte croissance de la population.
- En hiver il diminue de 0.5°C à 1°C, grâce à un effet combiné de l'isolation des bâtiments et du verdissement.

Scénario 4

< -0,5
-0,5 à 0
0 à 0,25
0,25 à 0,75
0,75 à 1,25
1,25 à 1,17
1,75 à 2
2 à 2,5
2,5 à 3
> 3



Îlot de chaleur Moyen en été



En 2010

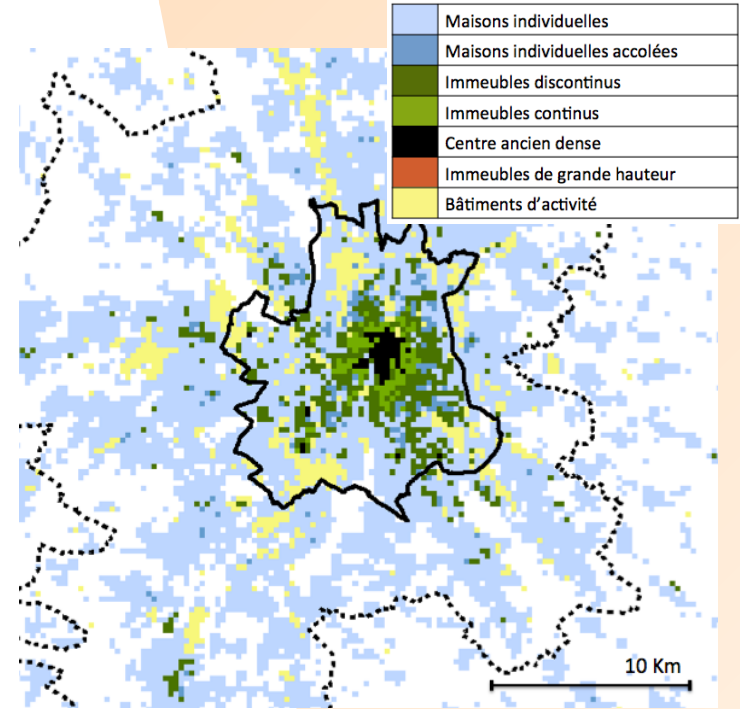
- L'urbanisation couvre une superficie de 75 000 ha, soit 9% du territoire. Elle est caractérisée par un fort étalement où le mitage est très présent, le pavillonnaire étant la forme d'urbanisation dominante. Les territoires agricoles périurbains constituent toujours une réserve foncière à l'urbanisation.
- L'aéronautique et le spatial constituent le principal secteur d'activité, même la santé et l'agro-alimentaire émergent doucement.
- La population, majoritairement jeune, totalise 540 000 ménages.
- La voiture constitue le principal mode de transport, l'engorgement du réseau routier est déjà quotidiennement marqué.
- Le tertiaire et le résidentiel consomment environ 1250 ktep d'énergie, dont environ 950 ktep en chauffage.
- L'îlot de chaleur urbain atteint en moyenne 2°C, 4°C en conditions favorables, et jusqu'à 5°C quelques jours dans l'année.



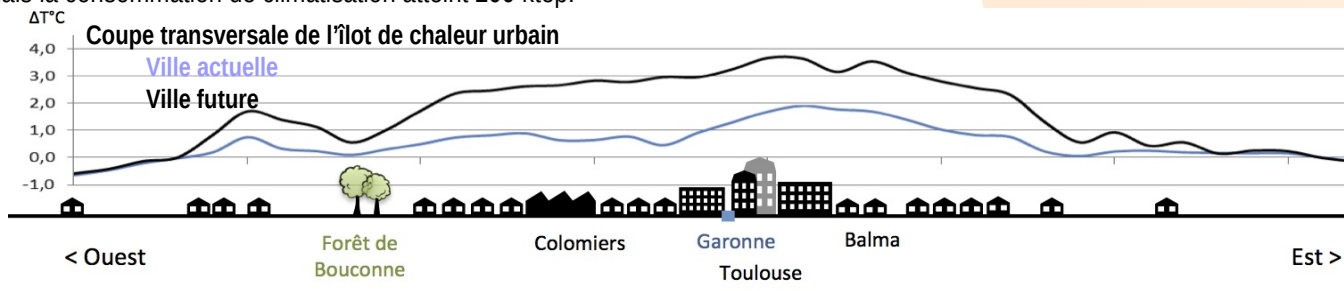
- L'évolution démographique se poursuit, avec un fort gain de population (+ 44% de ménages depuis 2010)
- L'urbanisation, très peu contrainte, poursuit son étalement : la ville se disperse sous forme d'un fort mitage de plus en plus loin du centre-ville. Elle atteint 91432 ha, soit 12% du territoire et une augmentation de 18% par rapport à 2010. Les maisons individuelles sont toujours majoritaires (79% des m² bâtis).
- L'accroissement de la population, l'étalement urbain et l'inertie en terme de rénovation du bâti entraînent un accroissement de la consommation énergétique (+11 % de chauffage). L'apparition de la climatisation dans les consommations est importante (100 ktep).
- L'îlot de chaleur se renforce.



- La crise énergétique s'accompagne d'une crise économique, touchant particulièrement le territoire toulousain et entraînant un tassement de l'évolution démographique (-4% de ménages entre 2040 et 2070; -10% entre 2040 et 2100).
- L'urbanisation ralentit sa croissance (+9612 ha entre 2040 et 2070; +2218 ha entre 2070 et 2100). La crise a ainsi pour effet de limiter la varicelle urbaine tout en dépeuplant le centre-ville.
- Les formes urbaines, plus dispersées, se caractérisent par une augmentation des maisons individuelles isolées : +12% entre 2040 et 2100, alors que très peu de maisons en bande ou de petits collectifs sont construits.
- Le taux de végétation reste faible avec seulement 54% du territoire du pôle urbain occupé par de la végétation.
- La consommation énergétique reste plus forte qu'aujourd'hui (+6%), en baisse par rapport à 2040 uniquement du fait du déplacement de population du centre-ville vers une banlieue pavillonnaire plus récente.
- Le réchauffement climatique diminue fortement les besoins en chauffage, mais la consommation de climatisation atteint 200 ktep.



Toulouse en 2100 : répartition des types d'îlots sur la ville (trait plein) et sur le pôle urbain (pointillé)



IDEES CLÉS

Toulouse plus touchée économiquement que le reste de la France du fait sa spécificité aéronautique / spatiale.

Une agglomération étalée, règne de la maison individuelle, dont l'étalement a été limité par la crise. Consommation énergétique en hausse.

Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche ACCLIMAT Adaptation au Changement CLIMatique de l'Agglomération Toulousaine.

Partenaires : Météo France - coordinateur scientifique, auaT agence d'urbanisme et d'aménagement, Toulouse aire urbaine, CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, CIRED Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

METEO FRANCE, aua/T, LRA, GEODE, IMT Institut de Mathématiques de Toulouse, ONERA Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques

Récit d'un scénario à l'horizon 2100 pour l'agglomération toulousaine

N°5 : « Néfaste »

2010 - 2040

ECONOMIE

Territoire attractif

L'économie se porte bien, structurée autour d'un **secteur dominant et performant**. L'agglomération toulousaine reste un **territoire attractif**, où la population ne cesse d'augmenter. Les revenus moyens par ménage augmentent.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Étalement urbain et mitage

Malgré le SCoT, le développement de la métropole toulousaine n'est pas vraiment régulé, les politiques publiques peinent à converger : la **varicelle urbaine se poursuit**, sous forme de **maisons individuelles**, et s'accompagne de nouvelles grandes artères routières rapidement engorgées, mettant à mal tout principe de densité et de structuration autour des réseaux de transports collectifs. La protection des espaces agricoles et naturels passe au second plan.

BATI ET ENERGIE

Politique publique a minima et peu d'initiatives individuelles

En matière énergétique, la politique locale reste tributaire des tendances nationales, ce qui fragilise fortement le territoire. **La réglementation évolue lentement**. Les **préoccupations énergétique et environnementale sont peu présentes** : les comportements n'évoluent pas et ne favorisent pas l'innovation.

2040

La décarbonation de l'économie, initiée dès 2020, conduit à un choc pétrolier limité. Le prix du baril continue néanmoins à augmenter, avec une très forte croissance à partir de 2060.

Les décideurs ne voient donc pas la nécessité en 2040 de remettre en cause le système économique en place et ne s'engagent aucunement dans une voie "écologiquement" plus vertueuse.

2040 - 2100

ECONOMIE

Crise économique

L'agglomération toulousaine est touchée de plein fouet par la crise mondiale : l'industrie aéronautique est fragilisée par la crise mondiale, et les collectivités locales n'ont **pas anticipé de politique énergétique**. Le territoire perd de son attractivité : **la population chute**, vieillit et **s'appauvrit**. Les inégalités socio-économiques des communes et intercommunalités renforcent les tensions.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

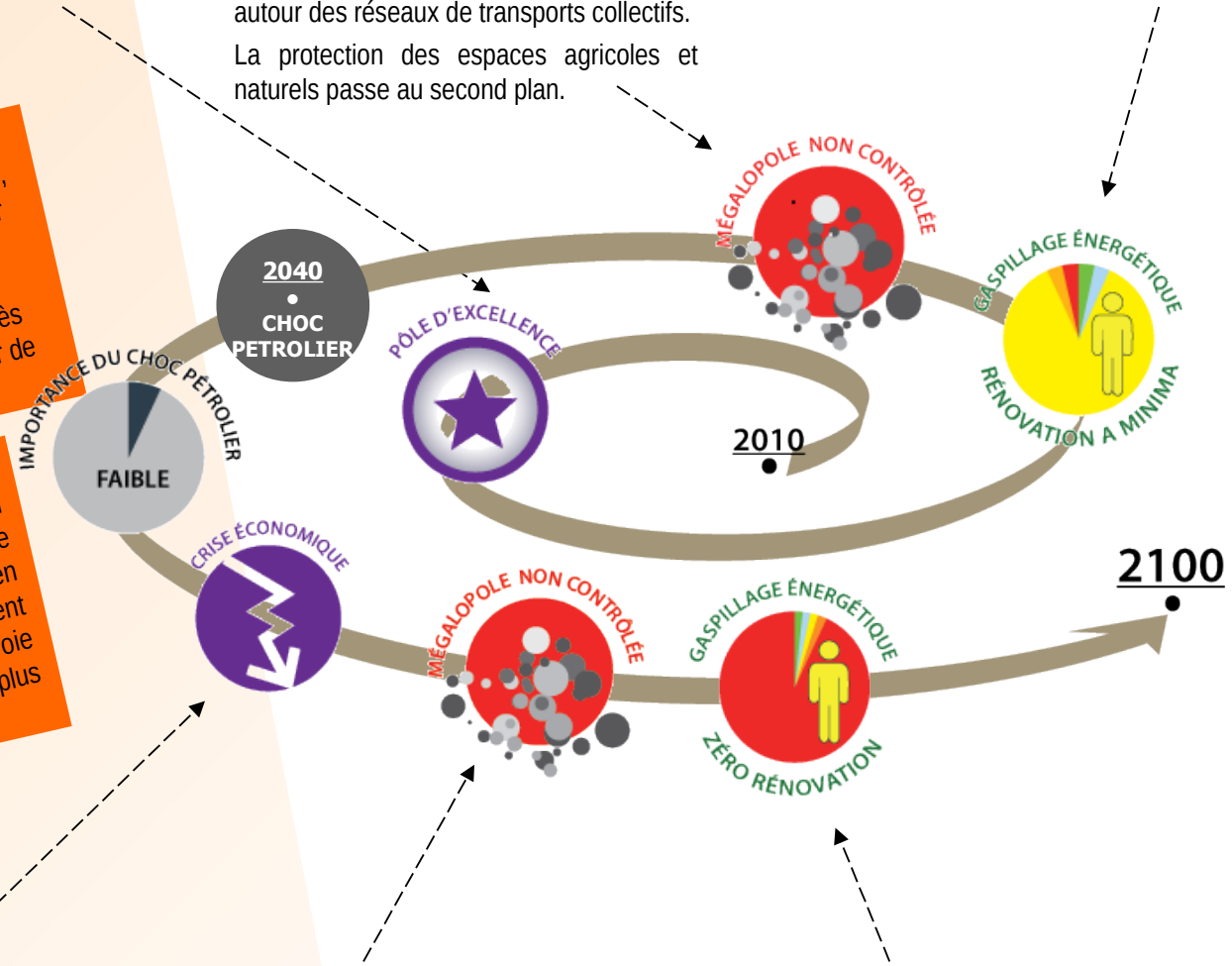
Expansion toujours non maîtrisée

L'étalement urbain devient **tentaculaire** poursuivant les tendances passées (mitage prononcé). Le SCoT a échoué, les collectivités locales se faisant concurrence pour le développement urbain. Le modèle culturel de la **maison individuelle** se maintient fermement et fait disparaître progressivement tout espace agricole.

BATI ET ENERGIE

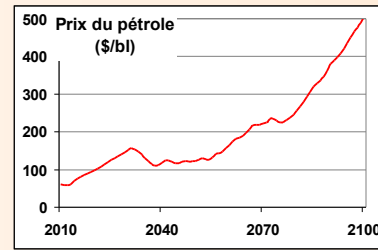
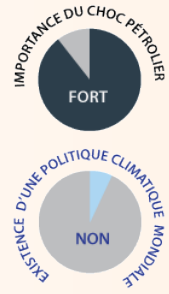
Rénovation énergétique inexistante

Les difficultés économiques affectent la réglementation et les modes de production et de consommation énergétiques. **La réglementation, peu exigeante** en matière de performances, ne favorise ni l'émergence ni l'appropriation d'innovations. Les **rénovations sont stoppées**, les **comportements restent énergivores**.



Économie mondiale

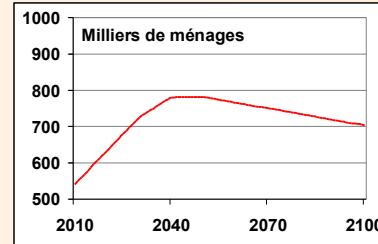
- Faible impact du choc pétrolier en 2040 malgré un prix du baril élevé
- Bonne transition vers les énergies décarbonées
- Pas de politique climatique volontariste



Faible choc pétrolier

Économie locale

- Toulouse pôle d'excellence : très attractive
- Faible taux de chômage
- Revenus des ménages élevés
- Crise économique
- Diminution de la population
- Revenus inférieurs à la moyenne nationale



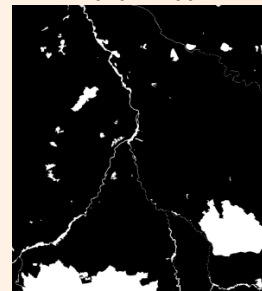
Chute de la démographie

Territoire

- Poursuite des tendances actuelles dans les modes d'urbanisation
- Ville étalée et dispersée
- Expansion non contrôlée



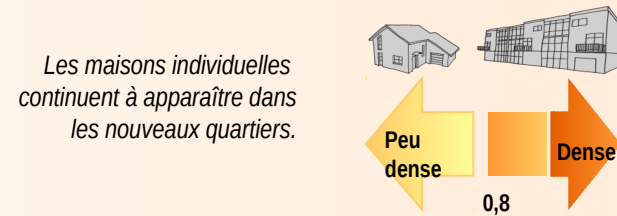
2010 - 2100



Faibles contraintes d'urbanisation (en blanc)

Quartiers

- Poursuite des tendances actuelles en terme de production d'habitat
- Maisons individuelles majoritaires
- Végétation urbaine non favorisée



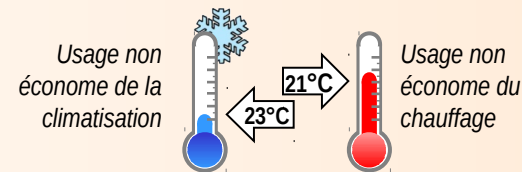
Les maisons individuelles continuent à apparaître dans les nouveaux quartiers.



Les espaces publics sont peu végétalisés : places et parkings sont minéralisés, les jardins constituent la majorité de la végétation urbaine.

Énergétique du bâti

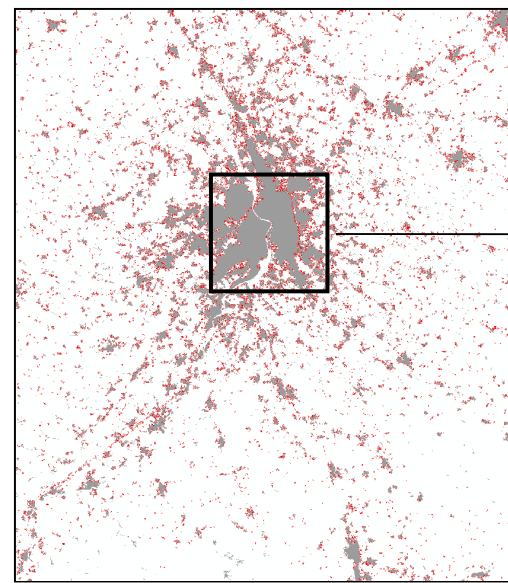
- Poursuite des tendances actuelles
- Faible innovation énergétique
- Faible taux de rénovation
- Usage non économe du chauffage et de la climatisation
- Arrêt des rénovations énergétiques
- Poursuite d'un mode de consommation sans préoccupation environnementale et énergétique



Aucune nouvelle technologie n'est mise en place pour réduire les consommations.

Avant 2040, les taux de rénovation annuels restent faibles. Après 2040, le faible impact du choc pétrolier n'incite pas à pas à la sobriété énergétique. Il n'y a plus de rénovation du bâti.

Habitat : 1% puis 0%
Tertiaire : 3% puis 0%



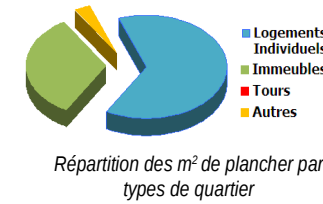
Évolution de l'urbanisation entre 2010 (gris) et 2100 (rouge)

Forme de la ville

- L'absence de politiques de maîtrise de l'urbanisation a engendré une poursuite des tendances. Cela se traduit par un fort mitage (+8% de zones urbaines), qui reste limité en raison d'une faible croissance démographique inhérente à la crise économique.

Architecture

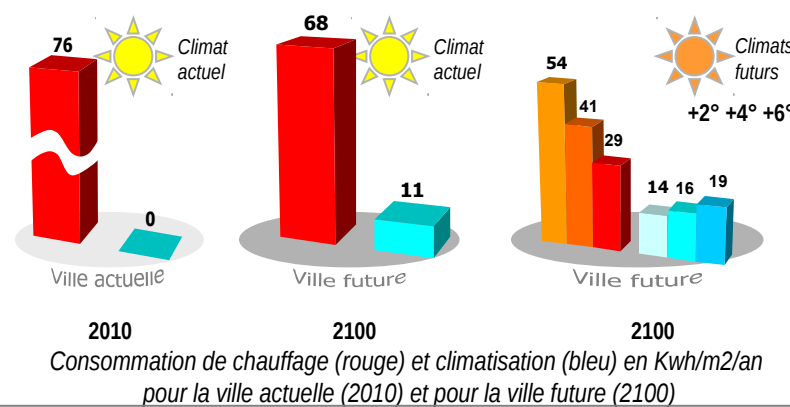
- On construit énormément de maisons individuelles entre 2010 et 2050. Après cette date, la crise économique freine les nouvelles constructions.
- La population se répartit majoritairement dans de l'habitat individuel isolé (78% des m² bâtis). L'étalement urbain par des formes de type habitat individuel se traduit par une diminution de la hauteur moyenne des bâtiments.
- La végétation en zone urbanisée n'est pas favorisée. Le taux de végétation moyen sur le pôle urbain diminue.



Répartition des m² de plancher par types de quartier

Énergie du bâti

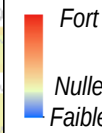
- La consommation de chauffage reste en moyenne similaire à l'actuelle du fait du manque total de rénovation dans l'ancien (malgré les bâtiments neufs qui sont eux performants)
- Le réchauffement climatique diminue cette demande de chauffage.
- Bien que le chauffage reste majoritaire, la climatisation devient un poste significatif, surtout en cas de réchauffement climatique fort.



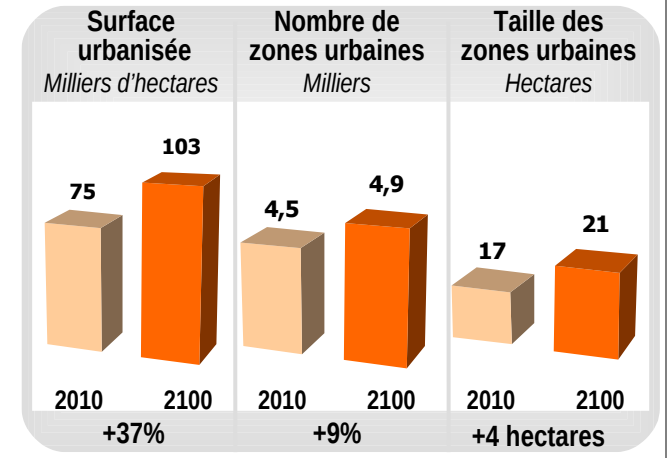
Consommation de chauffage (rouge) et climatisation (bleu) en Kwh/m2/an pour la ville actuelle (2010) et pour la ville future (2100)

Distribution de la population

- Le centre ville de Toulouse se dépeuple en raison des coûts des loyers trop élevés par rapport aux revenus.
- L'évolution du coût du pétrole ne constitue pas un frein à habiter en proche ou lointaine périphérie comparativement au coût des loyers.



Évolution densité population (2010-2100)

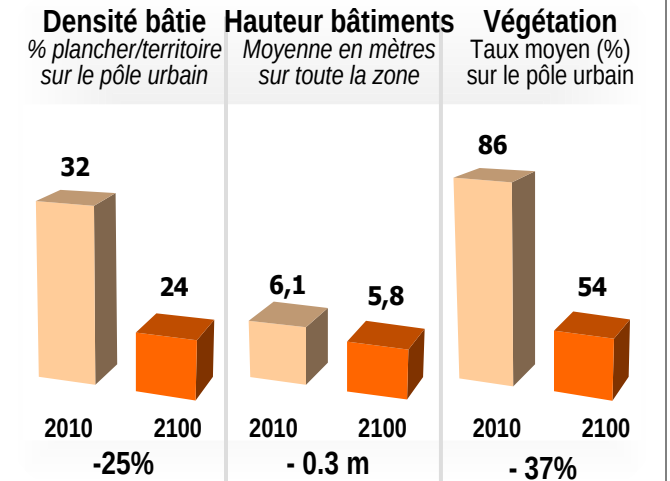


Surface urbanisée

La surface urbanisée augmente jusqu'en 2040 poursuivant les tendances démographiques puis stagne suite à la diminution de population (situation post-crise économique).

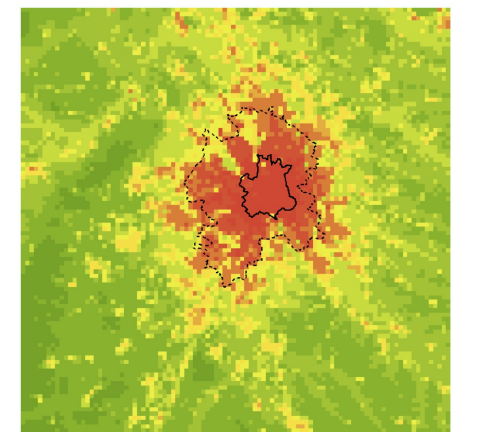
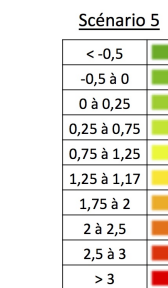
Transports

Distance parcourue chaque mois par personne entre domicile et travail.



Climat et confort urbain

- L'îlot de chaleur augmente fortement par rapport à la période actuelle, malgré une faible croissance de population.
- En été, les rejets de climatisation contribuent à accentuer les températures extérieures, l'îlot de chaleur et l'inconfort thermique.
- En hiver, l'îlot de chaleur atteint couramment 4.5°C au lieu de 4°C.



Îlot de chaleur Moyen en été

En 2010

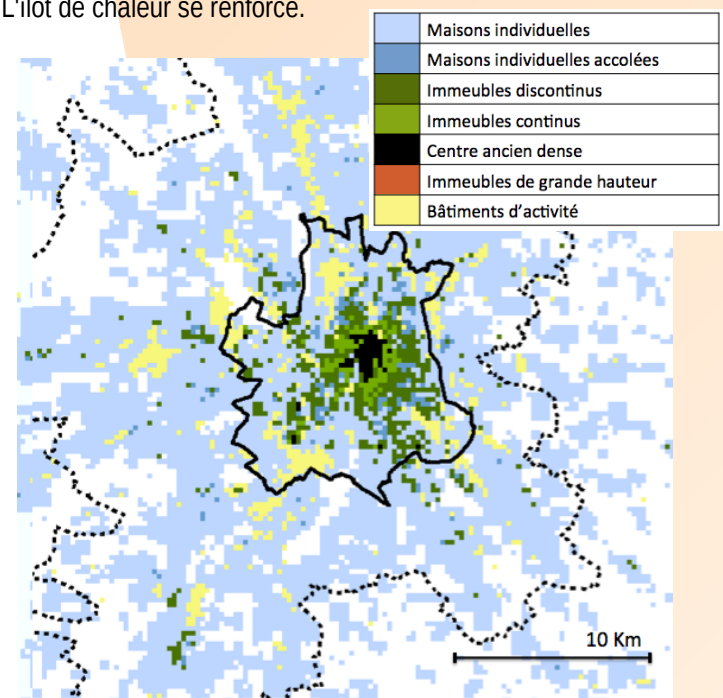
- L'urbanisation couvre une superficie de 75 000 ha, soit 9% du territoire. Elle est caractérisée par un fort étalement où le mitage est très présent, le pavillonnaire étant la forme d'urbanisation dominante. Les territoires agricoles périurbains constituent toujours une réserve foncière à l'urbanisation.
- L'aéronautique et le spatial constituent le principal secteur d'activité, même la santé et l'agro-alimentaire émergent doucement.
- La population, majoritairement jeune, totalise 540 000 ménages.
- La voiture constitue le principal mode de transport, l'engorgement du réseau routier est déjà quotidiennement marqué.
- Le tertiaire et le résidentiel consomment environ 1250 ktep d'énergie, dont environ 950 ktep en chauffage.
- L'îlot de chaleur urbain atteint en moyenne 2°C, 4°C en conditions favorables, et jusqu'à 5°C quelques jours dans l'année.



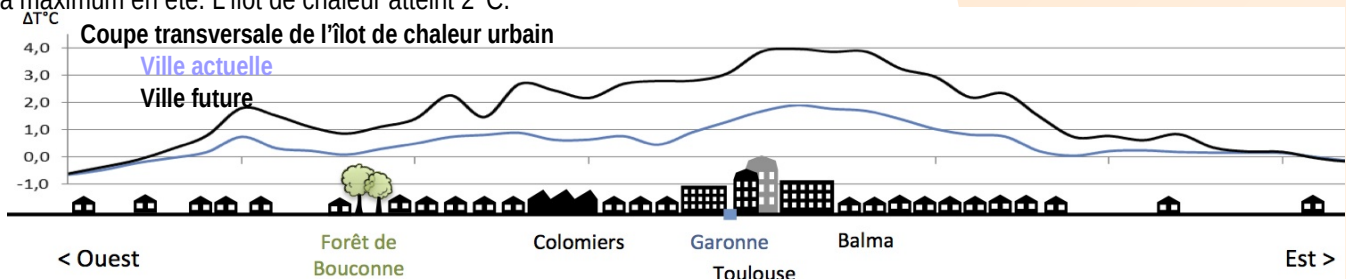
- L'agglomération reste très attractive et accueille une population toujours plus nombreuse (+ 44% de ménages)
- Sans contrainte et avec une diversification des activités économiques, la tache urbaine poursuit son étalement, atteignant 92 696 ha, soit presque 12% du territoire. Les maisons individuelles isolées continuent de se déployer, mitant le territoire (+ 91% entre 2010 et 2040, soit 93% des nouveaux logements).
- Les zones urbanisées sont faiblement végétalisées et l'étalement urbain restreint la biodiversité et la gestion naturelle des eaux.
- La question énergétique n'est pas au cœur des préoccupations publiques et citoyennes : la réglementation évolue peu, l'innovation est faible, les comportements restent énergivores.
- L'accroissement de la population, l'étalement urbain et l'inertie en terme de rénovation du bâti entraînent un accroissement de la consommation énergétique (+8 % de chauffage). L'apparition de la climatisation dans les consommations est importante (100 ktep).
- L'îlot de chaleur se renforce.



- L'absence de maîtrise publique de l'urbanisation est flagrante : l'agglomération toulousaine continue de s'étendre, sous forme de mitage et de conurbation, gagnant +68 609 ha, soit +92% par rapport à 2010 ! Tous les territoires gagnent en population, du centre-ville de Toulouse aux communes éloignées, faisant croître la distance moyenne parcourue entre domicile et lieu de travail (+93% par rapport à 2010). La bonne santé économique du territoire attire des activités diversifiées, la population augmente (+20% depuis 2040) et les revenus sont supérieurs à la moyenne nationale.
- Les formes d'habitat n'évoluent pas : la maison individuelle isolée reste majoritaire (81%) et gagne en surface, faisant diminuer d'autant la densité bâtie du territoire (-25%) et la hauteur moyenne des bâtiments (-0,3 m).
- La question énergétique est toujours absente des politiques publiques. Une prise de conscience citoyenne émerge néanmoins : des comportements individuels plus vertueux permettent de gagner en confort tout en limitant les dépenses énergétiques (-58% de chauffage par rapport à 2040).
- En cas de réchauffement climatique très fort, la consommation d'énergie sera maximum en été. L'îlot de chaleur atteint 2°C.



Toulouse en 2100 : répartition des types d'îlots sur la ville (trait plein) et sur le pôle urbain (pointillé)



IDEES CLES

Une ville étalée et dispersée
Une population en croissance
Un habitat pavillonnaire toujours largement dominant

Des gains énergétiques limités
Un confort thermique qui se détériore
La climatisation pourrait dépasser le chauffage

Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche ACCLIMAT Adaptation au Changement CLIMatique de l'Agglomération Toulousaine.

Partenaires : Météo France - coordinateur scientifique, auaT agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire urbaine, CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique, CIRED Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

METEO FRANCE, auaT, LRA, GEODE, ONERA, STAE TOULOUSE, ACCLIMAT a bénéficié d'une aide de la Fondation de Coopération Scientifique STAE Toulouse.

Contact : Valéry Masson, Météo France : valery.masson@meteo.fr

Récit d'un scénario à l'horizon 2100 pour l'agglomération toulousaine

N°6 : « Passif »

2010 - 2040

ECONOMIE

Territoire attractif & diversifié

L'économie se porte bien, une diversification économique s'amorce autour des secteurs de la bio-santé et de l'agroalimentaire. Le territoire reste attractif, la population ne cesse d'augmenter, les revenus moyens par ménage augmentent.

2040

La décarbonation de l'économie, initiée dès 2020, conduit à un choc pétrolier limité. Le prix du baril continue néanmoins à augmenter, avec une très forte croissance à partir de 2060.

Les décideurs ne voient donc pas la nécessité en 2040 de remettre en cause le système économique en place et ne s'engagent aucunement dans une voie "écologiquement" plus vertueuse.

2040 - 2100

ECONOMIE

Territoire attractif & diversifié

La très bonne santé des différents secteurs économiques toulousains n'est pas touchée : le territoire reste attractif et la population continue d'augmenter.

Pas d'initiative énergétique

Les décideurs ne voient pas de nécessité de s'engager dans une voie « écologiquement » plus vertueuse.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

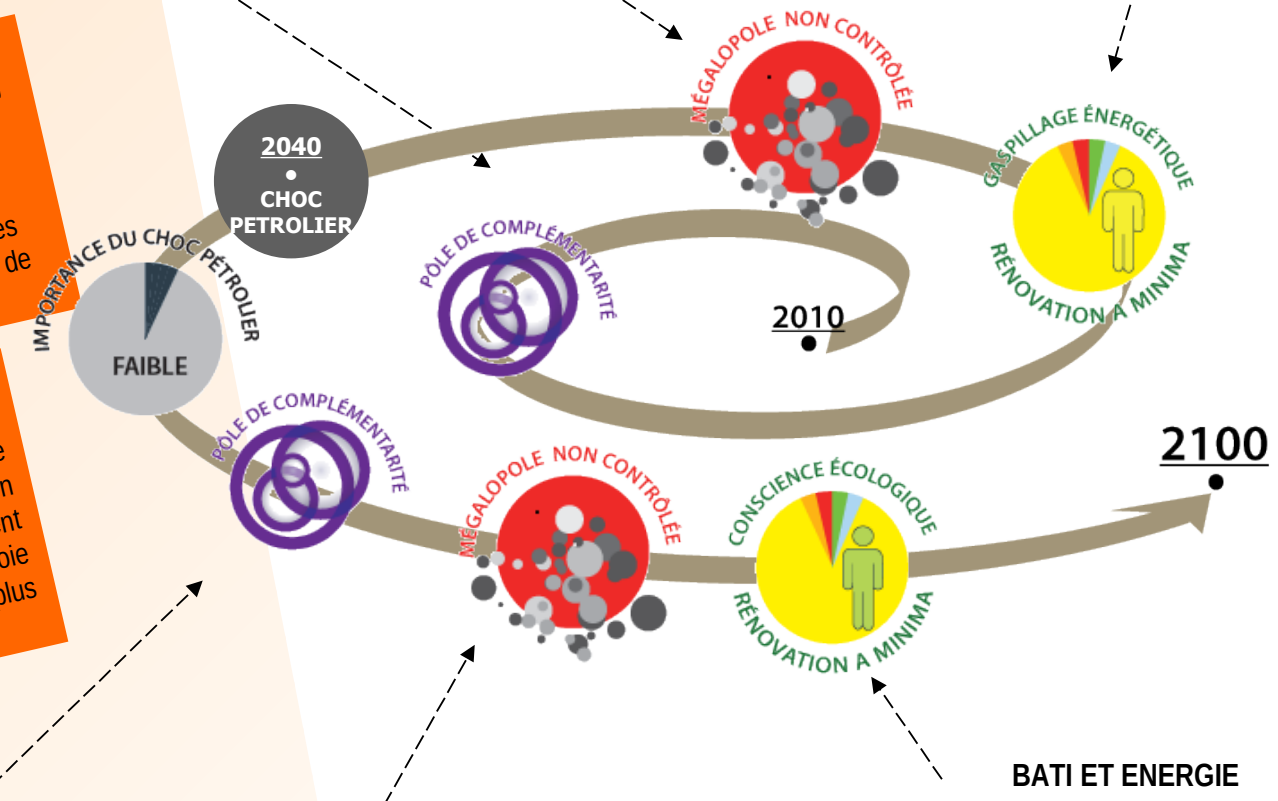
Étalement urbain et mitage

Malgré le SCoT, le développement de la métropole toulousaine n'est pas vraiment régulé, les politiques publiques peinent à converger : la varicelle urbaine se poursuit, sous forme de maisons individuelles, et s'accompagne de nouvelles grandes artères routières rapidement engorgées, mettant à mal tout principe de densité et de structuration autour des réseaux de transports collectifs. La protection des espaces agricoles et naturels passe au second plan.

BATI ET ENERGIE

Politique publique a minima et peu d'initiatives individuelles

En matière énergétique, la politique locale reste tributaire des tendances nationales, ce qui fragilise fortement le territoire. La réglementation évolue lentement. Les préoccupations énergétique et environnementale sont peu présentes : les comportements n'évoluent pas et ne favorisent pas l'innovation.



AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Expansion toujours non maîtrisée

L'étalement urbain devient tentaculaire poursuivant les tendances passées (mitage prononcé). Le SCoT a échoué, les collectivités locales se faisant concurrence pour le développement urbain.

Le modèle culturel de la maison individuelle se maintient fermement et fait disparaître progressivement tout espace agricole.

BATI ET ENERGIE

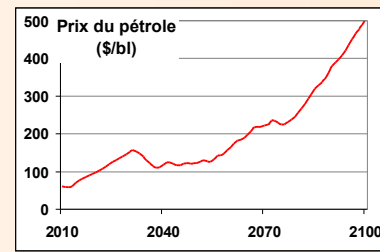
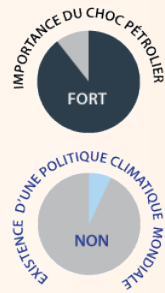
Des initiatives individuelles

La réglementation énergétique, peu exigeante, évolue toujours très lentement, entraînant peu d'innovations et aucune prise de conscience collective sur les questions énergétique et climatique.

Une conscience écologique des citoyens et une volonté d'économie énergétique apparaissent : l'individu est le ferment d'une culture forte de l'innovation, qui favorise l'apparition de techniques nouvelles dans le neuf ou l'existant et permet d'améliorer confort et qualité de vie.

Économie mondiale

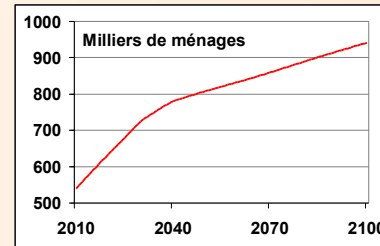
- Faible impact du choc pétrolier en 2040 malgré un prix du baril élevé
- Bonne transition vers les énergies décarbonées
- Pas de politique climatique volontariste



Faible choc pétrolier

Économie locale

- Toulouse pôle d'excellence : très attractive
- Augmentation de la population
- Faible taux de chômage
- Revenus des ménages élevés



Augmentation de la démographie

Territoire

- Poursuite des tendances actuelles dans les modes d'urbanisation
- Ville étalée et dispersée
- Expansion non contrôlée



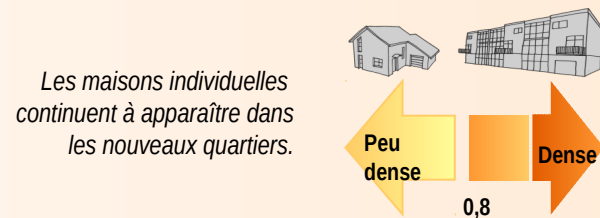
2010-2100



Faibles contraintes d'urbanisation (en blanc)

Quartiers

- Poursuite des tendances actuelles en terme de production d'habitat
- Maisons individuelles majoritaires
- Végétation urbaine non favorisée



Les maisons individuelles continuent à apparaître dans les nouveaux quartiers.



Les espaces publics sont peu végétalisés : places et parkings sont minéralisés, les jardins constituent la majorité de la végétation urbaine.

L'énergétique du bâti

- Faible innovation énergétique
- Peu de réglementation
- Faible taux de rénovation
- Usage non économe du chauffage et de la climatisation



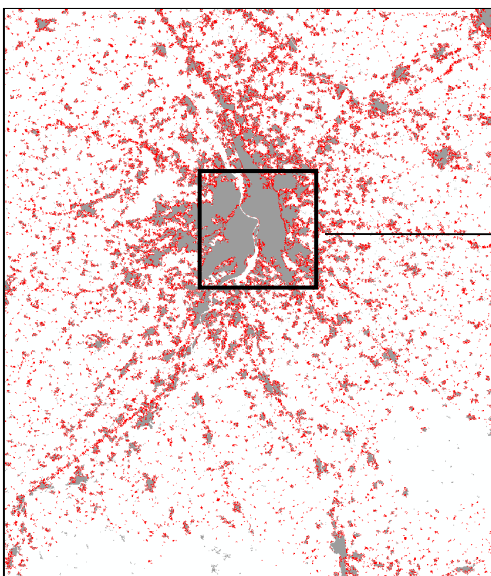
Les taux de rénovation annuels restent faibles jusqu'en 2100.

1% pour l'habitat
3% pour le tertiaire

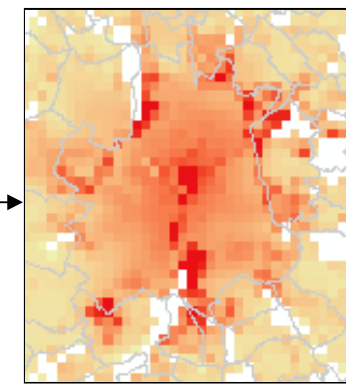


L'usage de la climatisation et du chauffage devient économe à partir de 2040

Utilisation optimale des volets, brise-soleil et de la surventilation.



Évolution de l'urbanisation entre 2010 (gris) et 2100 (rouge)



Évolution de la densité de population (2010-2100)

Fort
Nulle
Faible

Forme de la ville

L'absence de politiques de maîtrise de l'urbanisation a engendré une poursuite des tendances. Cela se traduit par un fort mitage (+20% de zones urbaines) dans la lointaine périphérie et la conurbation en proche périphérie et le long des principaux axes routiers.

Distribution de la population

- Le centre ville de Toulouse ainsi que les proches périphéries se densifient.
- La population augmente très sensiblement en lointaine périphérie, dans toutes les communes et plus particulièrement dans celles situées le long des axes routiers principaux.

Architecture

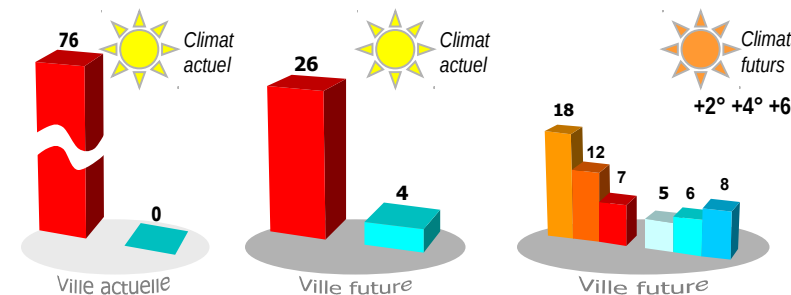
- On construit énormément de maisons individuelles de manière régulière entre 2010 et 2100.
- La population se répartit majoritairement dans de l'habitat individuel isolé (81% des m² bâtis). L'étalement urbain par des formes de type habitat individuel se traduit par une diminution de la hauteur moyenne des bâtiments.
- La végétation en zone urbanisée n'est pas favorisée. Le taux de végétation moyen sur le pôle urbain diminue.



Répartition des m² de plancher par types de quartier

Énergie du bâti

- La consommation de chauffage diminue d'un facteur 3 du seul fait de la meilleure isolation et de la politique de rénovation volontariste
- Le réchauffement climatique diminue encore plus le chauffage.
- La climatisation augmente en ville future, du fait principalement de la généralisation des équipements dans le résidentiel.
- L'usage économe de la climatisation permet de limiter l'impact du réchauffement climatique sur la consommation en été.



Consommation de chauffage (rouge) et climatisation (bleu) en Kwh/m2/an pour la ville actuelle (2010) et pour la ville future (2100)

Surface urbanisée Milliers d'hectares	Nombre de zones urbaines Milliers	Taille des zones urbaines Hectares
75	4,5	17
144	5,4	27
+92%	+20%	+10 hectares

Surface urbanisée

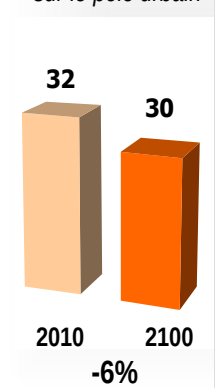
La surface urbanisée augmente jusqu'en 2100. L'anticipation du choc pétrolier a conduit à la diversification des activités économiques dès 2010 ayant pour conséquence un doublement des surfaces urbanisées (+92% par rapport à 2010).

Transports

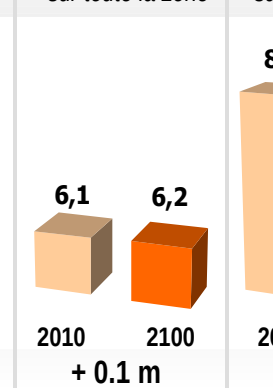
Distance parcourue chaque mois par personne entre domicile et travail.



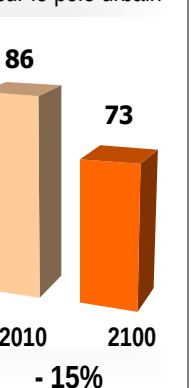
Densité bâtie



Hauteur bâtiments



Végétation



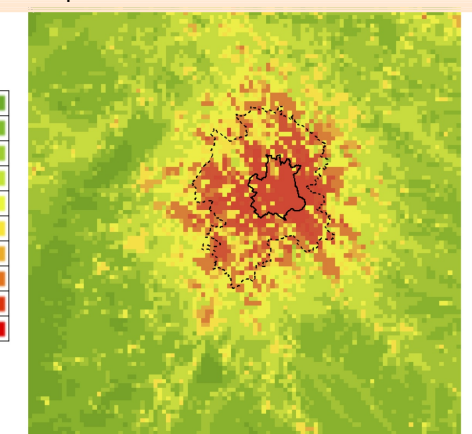
Climat et confort urbain

- L'îlot de chaleur augmente fortement par rapport à la période actuelle, à cause à la fois de la forte croissance de population et de l'étalement urbain. Cet effet est plus sensible en centre-ville.
- En hiver, l'îlot de chaleur ne diminue que légèrement, malgré la meilleure qualité thermique des bâtiments.

Scénario 6

< -0,5	■
-0,5 à 0	■
0 à 0,25	■
0,25 à 0,75	■
0,75 à 1,25	■
1,25 à 1,17	■
1,75 à 2	■
2 à 2,5	■
2,5 à 3	■
> 3	■

Îlot de chaleur Moyen en été



En 2010

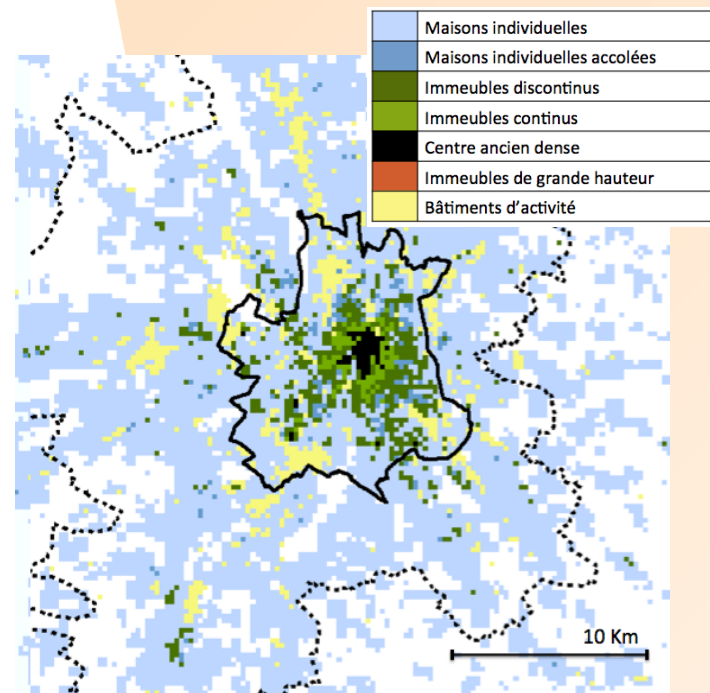
- L'urbanisation couvre une superficie de 75 000 ha, soit 9% du territoire. Elle est caractérisée par un fort étalement où le mitage est très présent, le pavillonnaire étant la forme d'urbanisation dominante. Les territoires agricoles périurbains constituent toujours une réserve foncière à l'urbanisation.
- L'aéronautique et le spatial constituent le principal secteur d'activité, même la santé et l'agro-alimentaire émergent doucement.
- La population, majoritairement jeune, totalise 540 000 ménages.
- La voiture constitue le principal mode de transport, l'engorgement du réseau routier est déjà quotidiennement marqué.
- Le tertiaire et le résidentiel consomment environ 1250 ktep d'énergie, dont environ 950 ktep en chauffage.
- L'îlot de chaleur urbain atteint en moyenne 2°C, 4°C en conditions favorables, et jusqu'à 5°C quelques jours dans l'année.



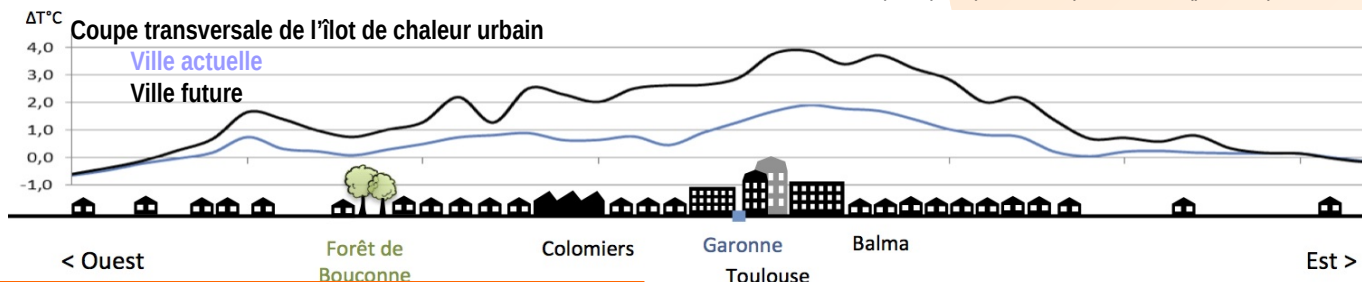
- L'agglomération reste très attractive et accueille une population toujours plus nombreuse (+ 44% de ménages)
- Sans contrainte et avec une diversification des activités économiques, la tache urbaine poursuit son étalement, atteignant 92 696 ha, soit presque 12% du territoire. Les maisons individuelles isolées continuent de se déployer, mitant le territoire (+ 91% entre 2010 et 2040, soit 93% des nouveaux logements).
- Les zones urbanisées sont faiblement végétalisées et l'étalement urbain restreint la biodiversité et la gestion naturelle des eaux.
- La question énergétique n'est pas au cœur des préoccupations publiques et citoyennes : la réglementation évolue peu, l'innovation est faible, les comportements restent énergivores.
- L'accroissement de la population, l'étalement urbain et l'inertie en terme de rénovation du bâti entraînent un accroissement de la consommation énergétique (+8 % de chauffage). L'apparition de la climatisation dans les consommations est importante (100 ktep).
- L'îlot de chaleur se renforce.



- L'absence de maîtrise publique de l'urbanisation est flagrante : l'agglomération toulousaine continue de s'étendre, sous forme de mitage et de conurbation, gagnant +68 609 ha, soit +92% par rapport à 2010 ! Tous les territoires gagnent en population, du centre-ville de Toulouse aux communes éloignées, faisant croître la distance moyenne parcourue entre domicile et lieu de travail (+93% par rapport à 2010). La bonne santé économique du territoire attire des activités diversifiées, la population augmente (+20% depuis 2040) et les revenus sont supérieurs à la moyenne nationale.
- Les formes d'habitat n'évoluent pas : la maison individuelle isolée reste majoritaire (81%) et gagne en surface, faisant diminuer d'autant la densité bâtie du territoire (-25%) et la hauteur moyenne des bâtiments (-0,3 m).
- La question énergétique reste absente des politiques publiques : la rénovation peine à avancer; l'innovation est minime. C'est largement insuffisant pour atteindre un facteur 4 (seulement -40% de chauffage par rapport à 2010), sans compter que l'utilisation de la climatisation explose : 150 ktep à 250 ktep.
- Ainsi, même pour un réchauffement climatique modéré, l'énergie consommée sera maximum en été. L'îlot de chaleur atteint 2°C.



Toulouse en 2100 : répartition des types d'îlots sur la ville (trait plein) et sur le pôle urbain (pointillé)



IDEES CLES

Une ville étalée et dispersée
Une population en croissance
Un habitat pavillonnaire toujours largement dominant

De faibles gains énergétiques
Un confort thermique qui se détériore
La climatisation dépasse le chauffage

Étude réalisée dans le cadre du projet de recherche ACCLIMAT Adaptation au Changement CLIMatique de l'Agglomération Toulousaine.

STAE TOULOUSE ACCLIMAT a bénéficié d'une aide de la Fondation de Coopération Scientifique STAE Toulouse.

Contact : Valéry Masson, Météo France : valery.masson@meteo.fr

Partenaires :
Météo France - coordinateur scientifique
auaT agence d'urbanisme et d'aménagement Toulouse aire urbaine
CERFACS Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
CIRED Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance
LRA
GEODE
ONERA
GEODE Géographie de l'Environnement
LRA Laboratoire de Recherche en Architecture
IMT Institut de Mathématiques de Toulouse
ONERA Office National d'Études et de Recherches Aéronautiques

Récit d'un scénario à l'horizon 2100 pour l'agglomération toulousaine

N°7 : « Fil de l'eau »

2010 - 2040

ECONOMIE

Territoire attractif & diversifié

L'économie se porte bien, une diversification économique s'amorce autour des secteurs de la bio-santé et de l'agroalimentaire. Le territoire reste attractif, la population ne cesse d'augmenter, les revenus moyens par ménage augmentent.

2040

La décarbonation de l'économie, initiée dès 2020, conduit à un choc pétrolier limité. Le prix du baril continue néanmoins à augmenter, avec une très forte croissance à partir de 2060.

Les décideurs ne voient donc pas la nécessité en 2040 de remettre en cause le système économique en place et ne s'engagent aucunement dans une voie "écologiquement" plus vertueuse.

2040 - 2100

ECONOMIE

Territoire attractif & diversifié

La très bonne santé des différents secteurs économiques toulousains n'est pas touchée : le territoire reste attractif et la population continue d'augmenter.

Pas d'initiative énergétique

Les décideurs ne voient toujours pas de nécessité de s'engager dans une voie « écologiquement » plus vertueuse.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

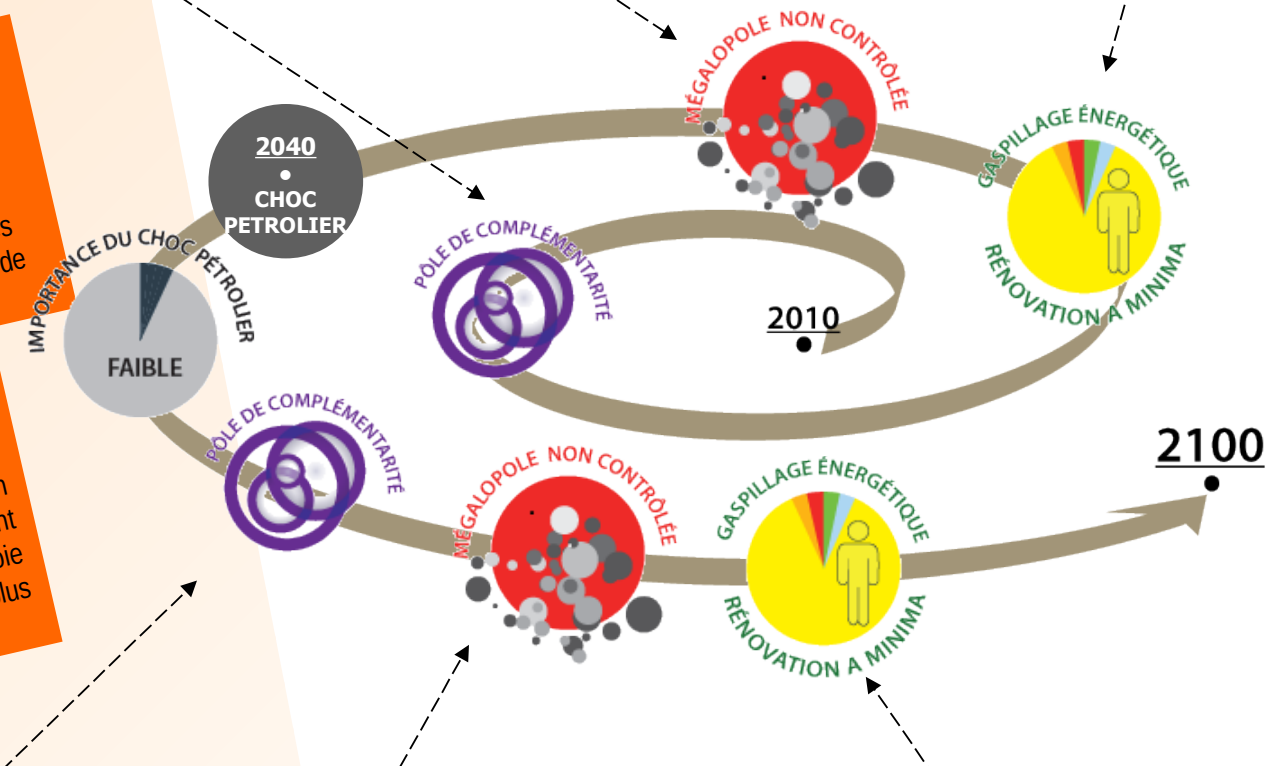
Étalement urbain et mitage

Malgré le SCoT, le développement de la métropole toulousaine n'est pas vraiment régulé, les politiques publiques peinent à converger : la varicelle urbaine se poursuit, sous forme de maisons individuelles, et s'accompagne de nouvelles grandes artères routières rapidement engorgées, mettant à mal tout principe de densité et de structuration autour des réseaux de transports collectifs. La protection des espaces agricoles et naturels passe au second plan.

BATI ET ENERGIE

Politique publique a minima et peu d'initiatives individuelles

En matière énergétique, la politique locale reste tributaire des tendances nationales, ce qui fragilise fortement le territoire. La réglementation évolue lentement. Les préoccupations énergétique et environnementale sont peu présentes : les comportements n'évoluent pas et ne favorisent pas l'innovation.



AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Expansion toujours non maîtrisée

L'étalement urbain devient tentaculaire poursuivant les tendances passées (mitage prononcé). Le SCoT a échoué, les collectivités locales se faisant concurrence pour le développement urbain.

Le modèle culturel de la maison individuelle se maintient fermement et fait disparaître progressivement tout espace agricole.

BATI ET ENERGIE

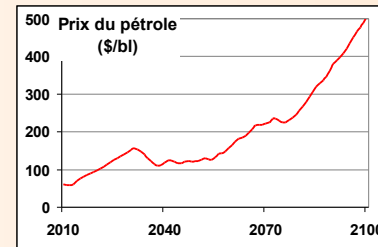
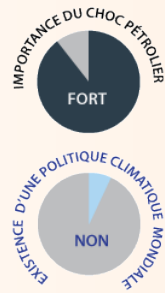
Des initiatives individuelles

La réglementation énergétique, peu exigeante, évolue toujours très lentement, entraînant peu d'innovations et aucune prise de conscience collective sur les questions énergétique et climatique.

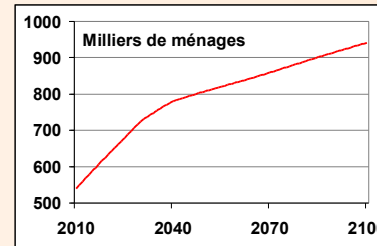
Les préoccupations individuelles énergétique et environnementale sont peu présentes : les comportements n'évoluent pas.

Économie mondiale

- Faible impact du choc pétrolier en 2040 malgré un prix du baril élevé
- Bonne transition vers les énergies décarbonées
- Pas de politique climatique volontariste



Faible choc pétrolier



Augmentation de la démographie

Économie locale

- Toulouse pôle d'excellence : très attractive
- Augmentation de la population
- Faible taux de chômage
- Revenus des ménages élevés

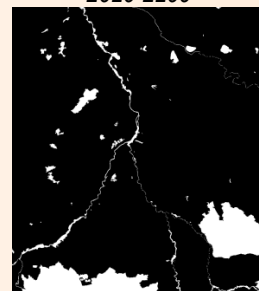


Territoire

- Poursuite des tendances actuelles dans les modes d'urbanisation
- Ville étalée et dispersée
- Expansion non contrôlée



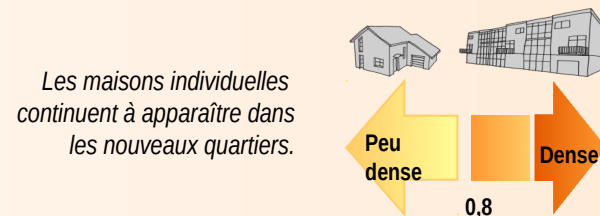
2010-2100



Faibles contraintes d'urbanisation (en blanc)

Quartiers

- Poursuite des tendances actuelles en terme de production d'habitat
- Maisons individuelles majoritaires
- Végétation urbaine non favorisée



Les maisons individuelles continuent à apparaître dans les nouveaux quartiers.



Les espaces publics sont peu végétalisés : places et parkings sont minéralisés, les jardins constituent la majorité de la végétation urbaine.

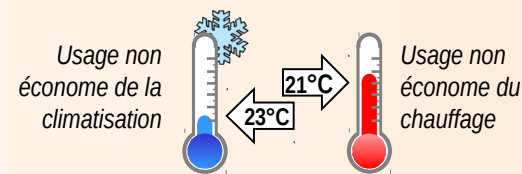
L'énergétique du bâti

- Faible innovation énergétique
- Peu de réglementation
- Faible taux de rénovation
- Usage non économe du chauffage et de la climatisation

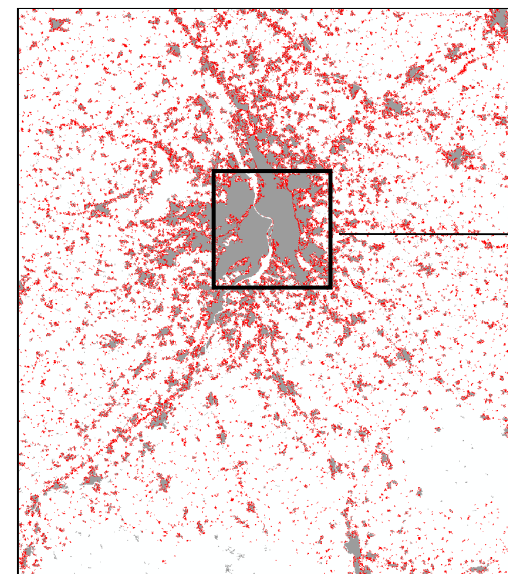


Les taux de rénovation annuels restent faibles jusqu'en 2100.

1% pour l'habitat
3% pour le tertiaire



Aucune nouvelle technologie n'est mise en place pour réduire les consommations.



Évolution de l'urbanisation entre 2010 (gris) et 2100 (rouge)

Forme de la ville

L'absence de politiques de maîtrise de l'urbanisation a engendré une poursuite des tendances. Cela se traduit par un fort mitage (+20% de zones urbaines) dans la lointaine périphérie et la conurbation en proche périphérie et le long des principaux axes routiers.

Architecture

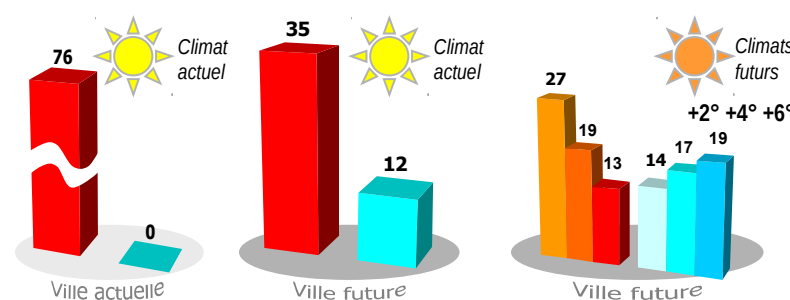
• On construit énormément de maisons individuelles de manière régulière entre 2010 et 2100.
• La population se répartit majoritairement dans de l'habitat individuel isolé (81% des m² bâtis). L'étalement urbain par des formes de type habitat individuel se traduit par une diminution de la hauteur moyenne des bâtiments.
• La végétation en zone urbanisée n'est pas favorisée. Le taux de végétation moyen sur le pôle urbain diminue.



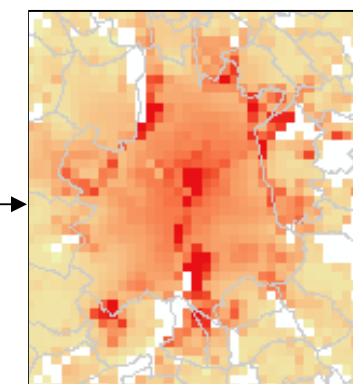
Répartition des m² de plancher par types de quartier

Énergie du bâti

• Une rénovation régulière mais pas particulièrement volontariste ne permet de diminuer, à climat constant, la consommation de chauffage que de moitié.
• La rénovation a par contre peu d'effet sur la climatisation, qui devient fortement consommatrice du fait d'un usage intensif (consigne à 23°C).
• Ainsi, dès un réchauffement climatique de +4°C, la consommation due à la climatisation devient majoritaire par rapport au chauffage.



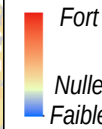
Consommation de chauffage (rouge) et climatisation (bleu) en Kwh/m2/an pour la ville actuelle (2010) et pour la ville future (2100)



Évolution de la densité de population (2010-2100)

Distribution de la population

• Le centre ville de Toulouse ainsi que les proches périphéries se densifient.
• La population augmente très sensiblement en lointaine périphérie, dans toutes les communes et plus particulièrement dans celles situées le long des axes routiers principaux.



Surface urbanisée Milliers d'hectares	Nombre de zones urbaines Milliers	Taille des zones urbaines Hectares
75	4,5	17
144	5,4	27
+92%	+20%	+10 hectares

Surface urbanisée

La surface urbanisée augmente jusqu'en 2100. L'anticipation du choc pétrolier a conduit à la diversification des activités économiques dès 2010 ayant pour conséquence un doublement des surfaces urbanisées (+92% par rapport à 2010).

Transports

Distance parcourue chaque mois par personne entre domicile et travail.

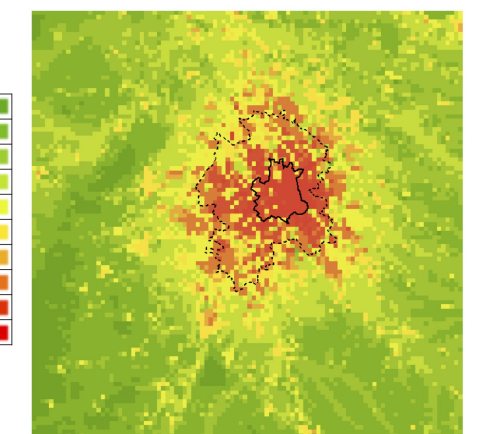
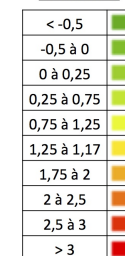


Densité bâtie % plancher/territoire sur le pôle urbain	Hauteur bâtiments Moyenne en mètres sur toute la zone	Végétation Taux moyen (%) sur le pôle urbain
32	6,1	86
30	6,2	73
-6%	+ 0.1 m	- 15%

• Climat et confort urbain

• L'îlot de chaleur augmente fortement par rapport à la période actuelle, à cause à la fois de la forte croissance de population et de l'étalement urbain. Cet effet est plus sensible en centre-ville.
• En hiver, l'îlot de chaleur reste stable, avec compensation entre les effets liés à la rénovation (lente) de l'isolation et à l'étalement urbain.

Scénario 7



Îlot de chaleur Moyen en été

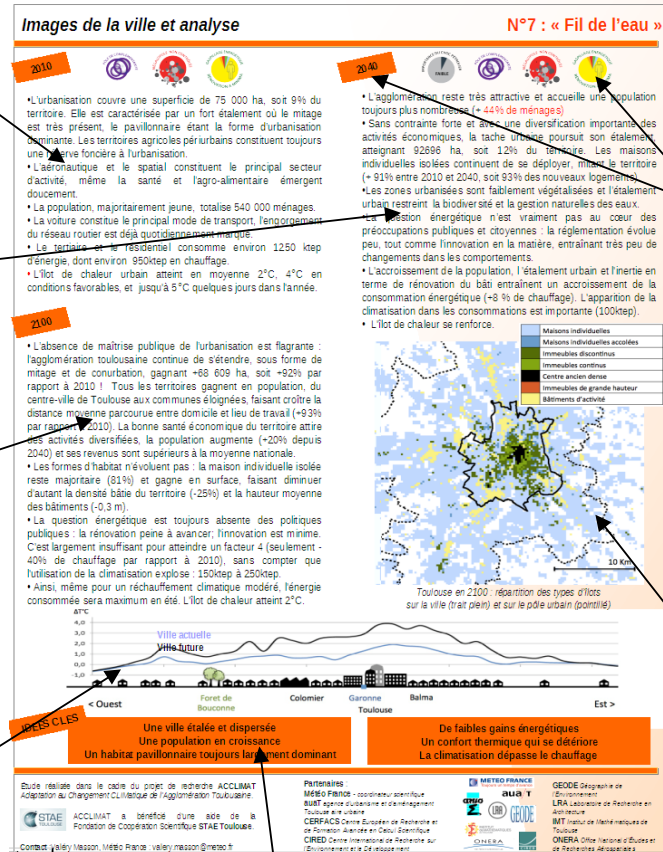
Les « images » correspondent à une description et une analyse de la situation à un moment donné du scénario.

Il s'agit des résultats des analyses de simulations, retranscrits sous forme narrative de manière à mettre cette "image" en perspective du "récit" initial (1^{ère} de couverture).

Les 3 images de la ville

La ville est décrite et analysée à 3 moments particuliers du scénario :

- L'image initiale en 2010, au début du scénario (identique à tous les scénarios)
- L'image intermédiaire en 2040, en milieu du scénario, avant mise en œuvre des événements clés
- L'image finale en 2100, à la fin du scénario



L'image initiale (2010)

L'image intermédiaire (2040)

L'image finale (2100)

Rappel des hypothèses sous la forme d'icônes

Les icônes représentent les hypothèses retenues qui caractérisent la situation en place à partir de cette date, et durant toute la période suivante.

La représentation schématique de l'îlot de chaleur urbain

Coupe Ouest-Est de l'îlot de chaleur urbain moyen en été.

L'îlot pour la ville en 2100 est en noir.
L'îlot pour la ville actuelle est en violet.

Cette information est produite à partir de simulations couplées énergétique urbaine et climat urbain, avec les modèles numériques TEB et SURFEX. Les simulations ont tourné à partir de la carte de bâti produite en 2100 (présentée à droite)

Idées clés

Conclusion générale du scénario.

La représentation cartographique de la ville pour 2100

Carte de l'urbanisation simulée de Toulouse en 2100 suite aux différentes contraintes rencontrées au cours du siècle. Cette modélisation numérique combine les simulations sur ordinateur :

- du modèle socio-économique NEDUM (expansion urbaine),
- du modèle géographique SLEUTH* (organisation spatiale du territoire),
- et du modèle architectural GENIUS (choix du type de bâti et forme urbaine en fonction de la densité de bâti et du scénario).



Le récit (1^{ère} de couverture)

Le récit consiste à décrire sous forme narrative le contenu d'un scénario et les facteurs explicatifs de son déroulement en fonction de plusieurs facteurs d'influence.

Les principaux facteurs

Trois facteurs d'influence ont été retenus :

- Économie
- Aménagement du Territoire
- Bâti et énergie

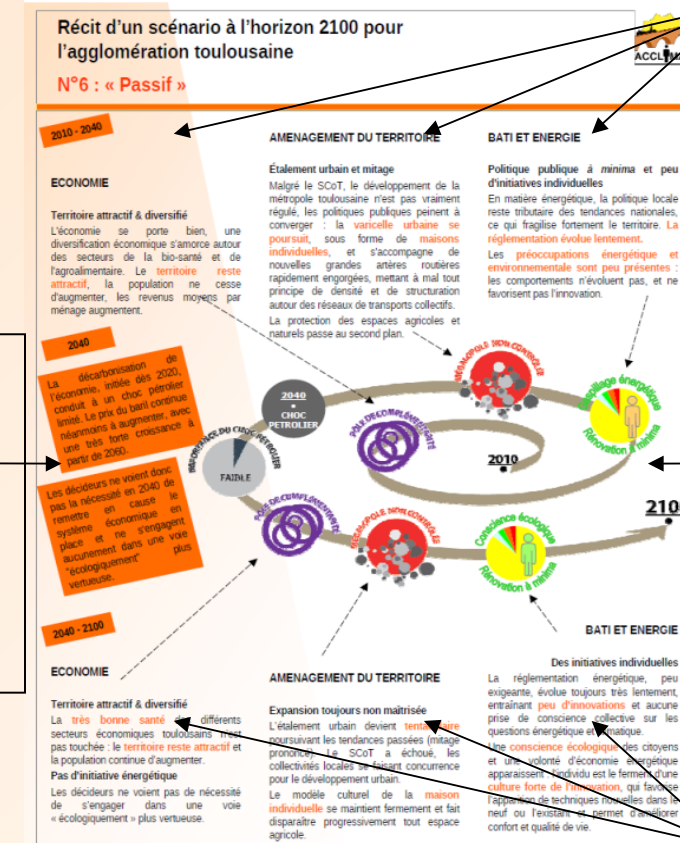
Les hypothèses retenues pour la période 2010-2040

Pour chaque facteur, des hypothèses ont été retenues et mises en cohérence afin de constituer un scénario.

La représentation chronologique

Les 3 facteurs, déclinés sous forme d'hypothèses contrastées et représentés par des pictogrammes, sont positionnés sur une spirale du temps de façon à représenter la chronologie du scénario.

Les hypothèses retenues pour la période 2040-2100



Les événements clés

Événements majeurs vers le milieu du siècle expliquant une rupture éventuelle dans les scénarios.

ECONOMIE

Description des données socio-économiques, à l'échelle mondiale (données macro-économiques, prix du baril de pétrole) et à l'échelle locale : démographie sur l'aire toulousaine, santé et robustesse du tissu économique et industriel, attractivité du territoire.

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

Description à la fois du type de politique d'aménagement urbain, mais aussi de sa réussite, ou non, et leviers principaux mis en œuvre (ex : protection d'espaces verts, densification).

BATI ET ENERGIE

Description des grandes tendances énergétiques et technologiques, des politiques de rénovation du bâti et de construction dans le neuf. Ex : Les préoccupations énergétiques sont-elles présentes, à la fois dans les politiques et l'opinion ?

Mise en œuvre des éléments économiques
L'impact pétrolier se traduit sous la forme d'un coût du baril de pétrole. Il est utilisé dans le modèle socio-économique afin de calculer le coût des déplacements, qui, mis en perspective du coût des loyers, permet de déterminer la tendance des ménages à habiter au centre ville ou en périphérie. L'hypothèse de « ville attractive » ou « non attractive » est traduite par une courbe de démographie, croissante ou décroissante, dont les données sont utilisées par le modèle socio-économique et géographique afin de déterminer l'expansion urbaine.

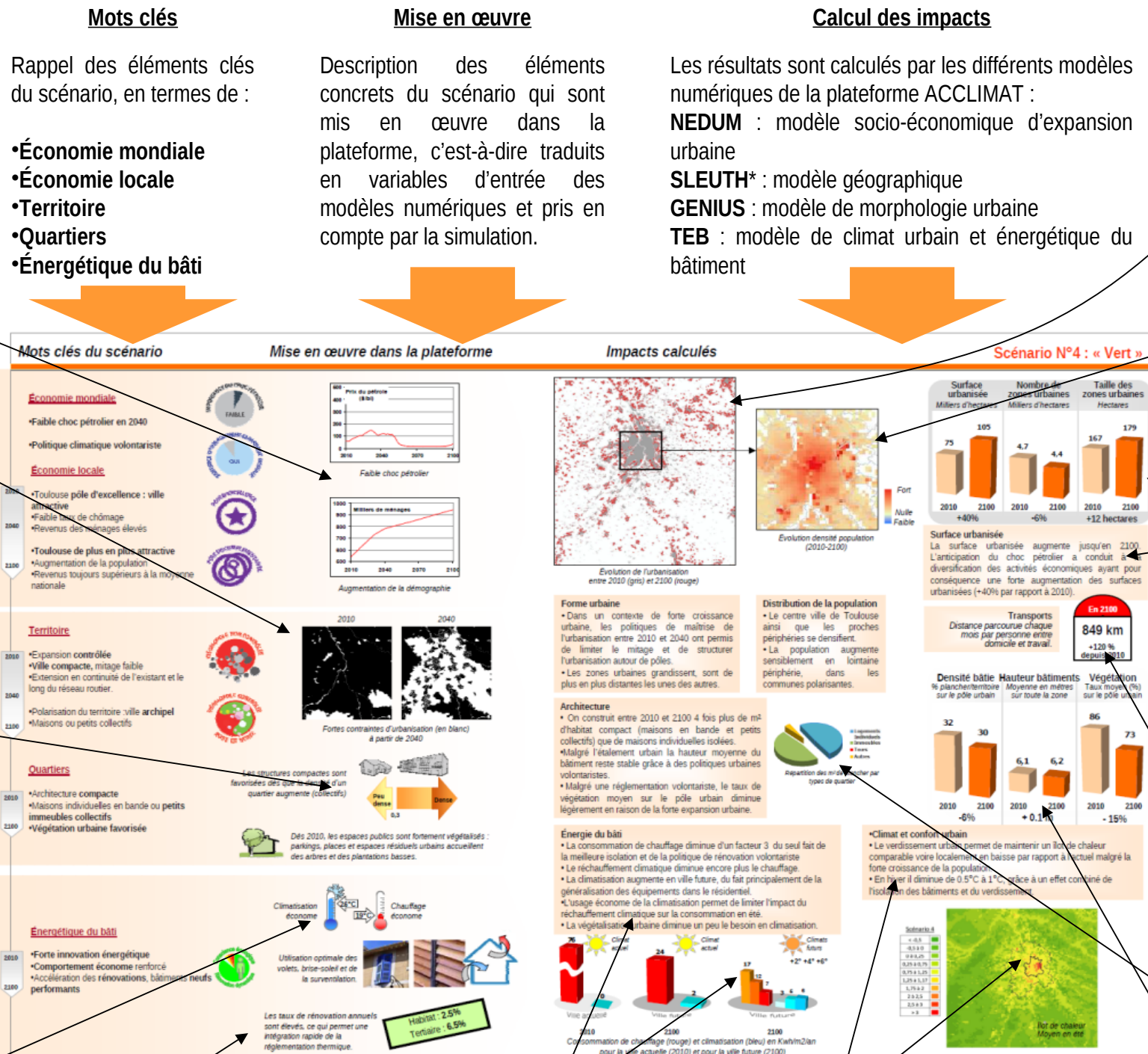
Mise en œuvre des éléments « Territoire »
Les choix d'aménagement (contrôle de l'expansion, forme urbaine) sont pris en compte par le modèle géographique SLEUTH* sous la forme de contraintes d'urbanisation (zones non urbanisables).

Mise en œuvre des éléments « Quartiers »
Les choix relatifs à la typologie des quartiers sont traduits sous la forme de seuils de densité de bâti (en m² de plancher par m² urbanisé), qui déterminent quels types de quartier (maison individuelle, collectif, immeuble de grande hauteur,...) vont se créer lors de l'expansion urbaine. Cette information est utilisée par le modèle architectural GENIUS.

Pour traduire les choix relatifs à la végétation en ville, on considèrera que les espaces publics peuvent rester fortement minéraux ou bien être végétalisés : parkings, places et espaces résiduels urbains accueillent alors des arbres et des plantations basses.

Mise en œuvre des éléments liés aux usages
L'usage de la climatisation et du chauffage est modélisé dans le modèle de climat urbain TEB par différentes températures de consignes, représentatives d'un comportement économe ou pas. Les usages modélisés comprennent également les volets, brise-soleil et la surventilation.

Mise en œuvre des éléments liés au bâti
Les réglementations thermiques futures portent sur l'amélioration progressive des caractéristiques thermiques des bâtiments, mais aussi sur certains sauts technologiques (isolation des murs par l'extérieur, usage de matériaux réfléchissants sur les murs et les toits, isolation « sous vide » des toitures). Leur mise en œuvre peut être plus ou moins rapide selon les scénarios, et se traduit par un taux de rénovation différent. Cette information est utilisée par le modèle de climat urbain.



Forme de la ville
• Description cartographique de l'évolution de l'urbanisation, telle que définie par le scénario et simulée par les modèles NEDUM et SLEUTH* couplés.
• Les surfaces urbanisées en 2010 apparaissent en gris. Celles urbanisées entre 2010 et 2100, en rouge. La maille mesure 100 mètres x 100 mètres.

Distribution de la population
• Densité de population simulée par le modèle NEDUM et éléments d'interprétation.
• L'évolution des densités de population est calculée par rapport à 2010, avec en rouge les gains fort de densité et en bleu les pertes.
• La maille mesure 500 mètres x 500 mètres.

Surface urbanisée
Indicateurs de l'évolution de la surface urbanisée de nos jours à 2100 (modèle géographique SLEUTH*) :
• Surfaces urbanisées: données brutes de l'urbanisation en 2010 et 2100 (en milliers d'hectares) et taux d'accroissement par rapport à 2010
• Nombre de zones urbaines (en milliers) : espace urbain continu et qui s'individualise dans l'espace (détouré par le non-urbain)
• Taille des zones urbaines: taille moyenne en hectares des zones urbaines identifiées à chaque date.

Transports
Distance parcourue chaque mois par personne entre domicile et travail, issue de la simulation par le modèle socio-économique NEDUM.

Typologie des quartiers
Répartition des types de quartiers dans la ville (pavillonnaire, immeubles, tours ou autres) par m² de plancher issu du modèle GENIUS.

Architecture
Description des évolutions en termes de formes architecturales (issues du modèle GENIUS)
• Densité bâtie sur le pôle urbain : rapport entre la surface de plancher de tous les bâtiments du pôle urbain et la surface du territoire du pôle urbain.
• Taux moyen de végétation sur le pôle urbain : rapport entre les surfaces végétalisées du pôle urbain (jardins, parc, arbres d'alignement, forêts, cultures, ...) et la surface du territoire du pôle urbain.
• Hauteur moyenne des bâtiments : calculée au prorata de l'emprise au sol des bâtiments et sur l'ensemble de la zone d'étude.

Énergie du bâti
• Description des évolutions de consommation d'énergie liées au chauffage et à la climatisation dans tous les bâtiments.
• Le calcul est en énergie finale en kWh/m² de plancher/an et permet de comparer des villes de populations différentes.

Climat et confort urbain
• Cartographie de l'îlot de chaleur urbain (ICU) créé par la ville de 2100, et calculé pour le climat actuel.
• L'ICU est l'écart entre la température moyenne à la campagne et les températures en zones urbanisées, la nuit et en été.

Simulations climat-énergie
• Les simulations sont issues du couplage entre le modèle énergétique urbain et d'un modèle atmosphérique à fine échelle. Elles tiennent compte des effets d'îlot de chaleur urbain.
• Les simulations à climat actuel sont réalisées sur la période mars 2004 à février 2005 (campagne CAPITOU, été assez frais). Les simulations à climats futurs sont réalisées en y ajoutant 2, 4 et 6°C.